Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de l'Association Française
pour l'Avancement des Sciences

TOME LXII Mai-Juin 1955 N°s 5-6

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

COSMOGONIE. MARÉES. MOUVEMENTS PLANÉTAIRES.

En prononçant l'éloge d'Henri Poincaré (Acad. des Sciences, déc. 1913), Gaston Darboux rappela entre autres les *Leçons de Mécanique Céleste* dont le dernier tome, rédigé par E. Fichot, a renouvelé la théorie des marées, ainsi que les *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, professées en 1910 et recueillies par H. Vergne. De tout temps soucieux des origines du monde et faute d'une connaissance certaine, l'homme a imaginé des hypothèses plus ou moins plausibles ; d'où le succès qu'ont obtenu les conjonctures sur la formation de l'Univers. Examiner les théories, proposées souvent par des rêveurs, chercher jusqu'à quel point elles sont d'accord avec la Mécanique, tel est le point de vue auquel s'est placé Poincaré. Et ayant évoqué l'hypothèse de Laplace, Darboux notait encore la naissance, par l'analyse spectrale, de l'astronomie physique, rénovatrice des problèmes cosmogoniques. En face de tentatives nombreuses, Poincaré s'est abstenu de choisir : « Mais il fallait un savant tel que lui pour suivre, avec tant de pénétration, ces discussions qui exigent la réunion des connaissances du géomètre, du physicien et même du géologue. »

Pareils thèmes sont remis à l'ordre du jour par un chercheur syrien, M. Michel Nahas, dans un livre récent : *La Mécanique du globe et sa structure.* Livre d'ailleurs difficile à apprécier.

Résumons ici son tome I : *La Mécanique extérieure ; la théorie des marées*, publié récemment aux Actualités Scientifiques Hermann (n° 1207, 190 p., avec tableaux et cartes. Prix : 1.600 fr.).

***

L'auteur n'attribue la « mise en place » des planètes ni à la condensation d'une nébuleuse gazeuse, ni à une « collision souple » du soleil avec une étoile perturbatrice. Pour expliquer le lancement sur l'orbite, mieux que ne le permettent ces vues de Laplace ou de Jeans, il rappelle les violents effets explosifs, allant jusqu'à la rupture et constatés dans les *Novae*. Une étoile ayant été dédoublée, le même sort peut en atteindre chaque composante : alors, les planètes seraient lancées par l'une d'elles, normalement ou obliquement à sa trajectoire, avec capture par l'autre composante. On imagine ainsi la naissance de notre système planétaire par les éjections d'une étoile, sœur jumelle du soleil (qui a pu s'en éloigner après avoir ramené vers elle ce que le soleil rejetait). La capture de débris, plus probable au voisinage du soleil, par les planètes compagnes, a élevé la densité des plus proches, les autres gardant la densité originelle des composantes. Cette capture a pu se faire sans choc, comme celle de Mercure par le Soleil ou de la Lune par la Terre ; ou avec un choc violent produisant une rotation d'axe plus ou moins penché sur l'écliptique, les morceaux pouvant avoir ensuite des mouvements très divers : orbites plus ou moins inclinées ou excentrées, oppositions de sens ; ce que réalisent souvent comètes et satellites.

Mais alors, avec l'indécision que laissent subsister de telles prémisses, comment rejoindre une loi de répartition rappelant celle de Bode ? L'auteur ne l'indique pas dans ce premier volume, mais sans doute, en l'un des suivants pourra-t-il résoudre cette difficulté.

En tous cas, à la fin de son Introduction, il annonce un nouveau livre : « la Mécanique de l'atome et sa structure » où il traitera des problèmes cosmogoniques.

Par ailleurs, tout en confirmant la variété du plausible en pareille matière, les vues précédentes de M. Michel Nahas se lient à d'autres idées ayant dans l'actuel exposé une place notoire. Revenant, par les forces d'inertie, au point de vue de D'Alembert, l'auteur se représente à chaque instant une planète quelconque comme en équilibre sur sa trajectoire. Cet équilibre serait rompu, soit par excès de gravitation, en cas de rapprochement du centre d'attraction, soit par excès de centrifugation, en cas d'éloignement : et la chose serait alors brutale, car si l'attraction est en raison inverse du carré de la distance, la force centrifuge agit proportionnellement

à la distance. La différence, toujours positive, entre ces deux forces, aurait un rôle, à côté du couple géolunaire, dans la production des marées. C'est ce qui a guidé l'auteur vers une distinction entre le centre des masses de la planète et un autre point, désigné par lui sous le nom de *centre gravitant* et qui trace réellement la trajectoire. Le centre des masses, ainsi déporté au-delà de l'orbite, agirait à la manière d'une fronde qui oblige le corps céleste sphérique à tourner autour du centre gravitant en synchronisme avec sa révolution autour de l'axe central. D'où explication des rotations synchrones, Mercure autour du Soleil, Lune autour de la Terre, aussi bien que des librations. Ce qui reste à discuter.

Mais à côté d'une masse planétaire entièrement solide, il faut retenir le cas d'un système partiellement liquide, comme la Terre munie de ses océans (sans détriment d'autres systèmes : *planète avec satellites*, ou encore *noyau* et *queue*, dans une comète, cas présentés ainsi par l'auteur). C'est au système Terre-Océan que se consacrent plus de cent pages du présent exposé. Il y a là un effort notoire appuyé sur des cartes et des tableaux de nombres, pour confronter, avec les résultats d'observation, les considérations théoriques ainsi développées. La difficulté du sujet exige qu'on attende, pour se prononcer sans conteste, l'opinion d'un groupe qualifié de spécialistes du problème. Le regretté Henri Mineur, qui a écrit la Préface, a donné son entière adhésion au chercheur syrien qui, dans cette voie, a voulu retrouver certains aspects mystérieux du problème des marées et notamment, leur caractère tantôt semi-diurne (cas le plus fréquent), tantôt diurne.

D'une passionnante actualité, ce sujet gagnera à être retravaillé par de jeunes chercheurs : l'enjeu en est important.

***

On voit que la Mécanique céleste, même du point de vue de la gravitation newtonienne, demeure un champ des plus riches. Et ceci m'incita à rappeler le mémoire des *Acta Mathématica* où, en 1952, M. Heinrich reprend le problème de la Lune en regardant la Terre et la Lune, dans le champ attractif du Soleil, comme deux planètes indépendantes : ce qui simplifie à certains égards le traitement analytique, mais sous réserve, après avoir « décroché » notre satellite, de le remettre ensuite dans les conditions de son mouvement réel !

G. Bouligand.

Note de la rédaction. — L'abondance de matière nous oblige à reporter au prochain numéro la seconde partie de l'article de M. R. Muxart sur l'utilisation des radio-éléments.

DIDEROT ET LA QUADRATURE DU CERCLE

L'antique énigme de la quadrature du cercle a défié pendant deux millénaires les mathématiciens les plus géniaux et les plus opiniâtres, avant que, vu la transcendance de π (Hermite, Lindemann) on fut certain qu'il est impossible de construire géométriquement un carré (ou tout espace borné par des lignes droites) d'aire équivalente à celle d'un cercle donné.

Le dix-huitième siècle vit de nouveaux efforts et de nouvelles désillusions dans ce domaine ; depuis l'année 1700, où Julien Potier, géomètre amateur, lui soumit une solution (1), jusqu'en 1775, date à laquelle elle signifia officiellement son refus d'examiner de nouveaux mémoires sur cette question, l'Académie des Sciences eut fort à faire avec les géomètres qui s'imaginaient avoir vaincu l'obstacle (2).

Diderot, plus discret et plus prudent, ne s'adressa jamais à l'Académie ; mais l'opiniâtreté de ses tentatives en ce domaine a de quoi étonner même ceux qui ont connaissance de ses opuscules mathématiques : ces efforts témoignent de ses ambitions élevées en cette matière.

Il donna dans sa vie, à notre connaissance, deux « solutions » du problème. L'une est exposée dans le second mémoire de 1748 (3) ; elle utilise la développante du cercle, courbe décrite par l'extrémité d'un fil enroulé sur un cercle et qu'on déroule en le tendant. Mais le tracé de cette courbe ne donne qu'une solution *empirique* : une fois l'arc de cercle *rectifié* par ce procédé, la quadrature s'ensuit très aisément ; mais ce n'est pas une quadrature géométrique. Selon le jugement de Montucla (4), « toute tangente à la spirale (5) détermine une droite égale à un arc de cercle aisément assignable. A quoi tient-il donc, dira quelqu'un, que l'on n'ait la quadrature du cercle ? J'en ai déjà donné la raison ; il faudrait pouvoir tirer cette tangente d'une manière qui ne dépendît pas de la rectification de cet arc, et c'est ce qui est impossible ». Il se peut, comme le notent L. Krakeur et R. Krueger (6), que Diderot ait été le premier à utiliser la développante du cercle pour tenter de résoudre ce problème.

Un passage des *Réflexions sur l'Homme d'Helvétius* (7) indique de façon vague et obscure le principe d'une solution purement

géométrique que Diderot s'imaginait avoir trouvée ; par discrétion, il ne se nomme pas ; et par prudence il ne publia jamais sa solution. Mais elle a été retrouvée dans les manuscrits du fonds Vandeul (t. XXII) ; le mémoire porte le titre suivant : « Première proposition de cyclométrie ». Une lettre de la main de Naigeon, collée en tête du cahier, sert d'avertissement. Malgré le ton sévère et pédant habituel à Naigeon, elle constitue un témoignage intéressant sur Diderot mathématicien. Il est nécessaire de la citer en entier ; aucune précision n'est donnée sur le destinataire ; il n'y a pas non plus d'en-tête :

« 1°) L'ouvrage de Falconnet est de 1771 ou 12 si je ne me trompe : j'ai cette brochure, mais elle est parmi tant d'autres, que je n'ai pu la trouver.

2°) Cette partie de la cyclométrie de M. Diderot est complette, et la seule qu'il ait conservée ; il l'avait communiquée entiere à M. de Condorcet qui y découvrit plusieurs paralogismes, et qui l'en avertit : M. Diderot se hâta de réparer les brèches que M. de Condorcet avait faites à son Edifice, et il *calfeutra* de quelque piece fausse les endroits de son vaisseau qui faisaient eau de toutes parts.

M. Diderot m'a dit que M. de Condorcet avait jugé qu'il avait nettoyé un des coins de cette question obscure, et que ce pas fait, était bien quelque chose : c'est ce qui engagea M. Diderot à revoir sa solution, à la rendre plus rigoureuse, en un mot telle qu'il l'a conservée soigneusement dans un petit porte feuille qui ne quittait pas plus que son ombre.

3°) Je n'ai jamais eu (lu ?) une ligne de cette cyclométrie : M. Diderot savait que son opiniâtreté à résoudre ce problème insoluble, m'affligeait ; il ne m'en parlait que rarement. Ce fut moi qui lui conseillai de consulter M. de Condorcet qui est mon ami, et un homme du premier mérite. Je n'ai jamais touché cette corde sensible avec lui, et je n'ai jamais voulu savoir ce qu'il pensait en derniere analyse de la solution de M. Diderot ; mais comme j'ai été obligé de parler de cette cyclométrie dans son Eloge historique, et que mes connaissances mathématiques ne suffisent pas pour apprécier le travail de M. Diderot, j'en causerai avec M. de Condorcet et je saurai précisément ce qu'il estimait dans l'ouvrage du philosophe géometre. J'ai toujours cru et je crois encore qu'il s'est fait illusion : j'ai été désolé qu'il songeat sérieusement à publier cette cyclométrie, et qu'il s'exposat à son age à faire rire ceux qui broient les couleurs dans l'attelier d'Apelles. Heureusement l'ouvrage n'a pas paru, et j'en suis charmé. J'oserais bien assurer qu'il a dit comme le géometre dont il parle sept fois sept font 42.

Je ne croirai jamais qu'un homme puisse en suivant la méthode synthétique des anciens, résoudre un Problême que les plus profonds analytes (*sic*) de nos jours ont jugé insoluble et qui a résisté constamment à leurs efforts ; M. Diderot n'était pas même très au courant de progrès que l'analyse a faits de nos jours ; il ne lisait aucun ouvrage mathématique, et je ne pense pas qu'il fut assez grand géomètre pour entendre Euler, La Grange, d'alembert, la Place, il avait trop longtems négligé cette belle science (*sic*) qui demande toute la vie d'un homme, et dans laquelle avec de la sagacité et de l'attention, on n'est pas encore sur de distinguer. M. Diderot a fait des efforts de tête incroyables pour résoudre un probleme qu'il n'a point résolu vraisemblablement, et je ne doute pas que ce travail forcé et opiniâtre, dans un age déjà avancé, n'ait abrégé ses jours.

Voila, Monsieur, tout ce que je sais sur ce point : vous pouvez au moins être sur que cette partie de la cyclométrie de M. Diderot est complette.

il m'a souvent parlé aussi de sa machine à déchiffrer, et je la connaissais d'après sa description ; mais je ne crois pas qu'il en ait fait l'epreuve, et c'est pourtant ce qu'il aurait du faire avant d'annoncer le résultat que l'on pourra nier aussi longtems qu'on ne mettra pas la machine en expérience. Je penche à croire qu'encore ici il s'est trop hâté de vanter l'utilité et l'importance de la découverte. en mathématiques comme en méchanique il faut démontrer ; jusques là on n'a rien fait ; au reste les ennemis de M. Diderot ne verront rien de son travail sur ces deux objets, et je m'en réjouis ; ils en prendraient occasion de se moquer d'un homme qui mérite l'estime et les éloges de tous ceux qui ont le gout des choses honnêtes et des bonnes lettres. »

La machine à déchiffrer dont il est question ici est sommairement décrite dans les trois premières pages du mémoire qui précèdent la cyclométrie proprement dite. Elle n'a aucun rapport avec celle-ci, excepté la prédilection de l'auteur, qui lui donnait une place dans le petit portefeuille dont parle Naigeon.

La première idée de la cyclométrie date de la jeunesse de Diderot, probablement même de ses années d'études (8) ; l'auteur l'a reprise dans un âge avancé, comme en témoigne la lettre de Naigeon ; probablement vers 1775, date du projet de machine déchiffratoire, dont il est parlé dans la Correspondance de Grimm (9).

L'examen technique de ce mémoire est intéressant (10). Ici, Diderot aborde le problème de front, sur le terrain de la géométrie. La démonstration n'a aucune valeur, mais l'imagination et la ténacité de Diderot ne sont pas sans mérite. L'auteur part des célèbres

lunules d'Hippocrate de Chio. Sur le diamètre d'un demi-cercle, il construit un triangle rectangle ayant un côté de l'angle droit égal au rayon et l'autre égal au côté du triangle équilatéral inscrit. Sur ces deux côtés comme diamètres, il trace deux demi-cercles qui déterminent avec le demi-cercle principal des lunules inégales. On sait depuis l'antiquité que la somme des aires de ces lunules est égale à l'aire du triangle rectangle qui a servi à les construire. Diderot démontre, en outre, que la différence de ces aires (dans le cas de figure qu'il a choisi) est précisément égale au tiers de celle du plus petit cercle (ou au douzième de celle du plus grand). Les deux figures qui devraient accompagner la démonstration manquent, ce qui empêche de suivre le raisonnement. Mais cette équivalence se vérifie avec la plus grande facilité. Diderot ignorait si cette propriété si simple avait été découverte avant lui. Nous ne l'avons pas retrouvée ailleurs, bien que d'autres mathématiciens du siècle se soient intéressés à divers types de lunules (11).

La seconde partie du problème consiste à rechercher la quadrature de cette différence des lunules, qui donnerait immédiatement celle des trois cercles de la figure ; « mais la synthèse de cette seconde proposition est si compliquée », dit l'auteur après avoir achevé sa démonstration, « et ce problème est si désespéré que je dois à la célébrité des géomètres qui s'en sont inutilement occupés, la plus grande méfiance de mon travail. Aussi l'ai-je » (12).

Cet essai de démonstration est fondé sur l'examen d'une aire mixtiligne bornée uniquement par des segments de droites et des quarts de cercles, aire dans laquelle se trouvent incluses les deux lunules inégales étudiées dans la première partie. Cette aire fait l'objet de trois évaluations successives que Diderot compare entre elles pour en déduire sa solution. Le raisonnement est difficile à suivre pour plus d'une raison. D'abord Diderot, selon son habitude, sous-entend des propositions (ici des équivalences d'aires), sans que leur exactitude apparaisse avec évidence ; par contre il insiste pesamment dans ses calculs sur de simples opérations de calcul algébrique qui pourraient être effectuées plus rapidement (13).

Un autre facteur rend la démonstration très délicate à suivre. C'est la méthode employée, qui consiste à négliger dans les évaluations d'aires tous les espaces rectilinéaires (souvent sans en avertir le lecteur) et à poser l'équivalence de deux surfaces curvilignes inégales, mais dont la différence est carrable (14) ; nous le savons, Diderot avait coutume de sous-entendre ce qui, à ses yeux, se passait de démonstration ; mais le degré d'évidence d'une vérité n'est pas le même pour tous, et bien des points gagneraient à être précisés.

Si l'on surmonte ces obstacles, la démonstration peut être suivie d'un bout à l'autre avec de l'attention ; il ne s'agit plus alors que de trouver l'erreur de raisonnement ou de calcul, puisque le problème n'admet pas de solution. On aimerait sans doute voir Diderot, victime d'un subtil paradoxe mathématique, trouver sur ce terrain une défaite digne de lui. Il n'en est rien ; il faut bien donner raison à Naigeon : tout l'échec vient d'une banale faute de calcul. L'auteur néglige un secteur de cercle (15) (ou peut-être le soustrait-il deux fois après l'avoir ajouté une seule, ce qui revient au même) ; puis, après transformations, c'est précisément l'aire de ce même secteur, multipliée par 2 et changée de signe, qui se trouve carrée.

Indépendamment de cette bévue — unique, nous semble-t-il, dans l'œuvre mathématique de Diderot — l'impression qui ressort de cette tentative est très décevante. Jamais les calculs de Diderot n'ont montré tant de gaucherie et de lourdeur : les répétitions, les lenteurs y abondent, ainsi que les obscurités et les ellipses de raisonnement. La notation géométrique, où se mélangent majuscules, minuscules et lettres grecques, aggrave encore la confusion. Tout ce désordre dans une démonstration si compliquée a grandement favorisé l'erreur de Diderot.

Les réflexions dont l'auteur fait suivre son travail, aussi bien que la lettre d'avertissement de Naigeon, nous montrent l'ambition passionnée que Diderot mit toute sa vie dans la résolution du célèbre problème, le désir de croire à sa réussite mêlé à la défiance et à la crainte de se prendre trop au sérieux (16) :

« mais la synthèse de cette seconde proposition est si compliquée et ce probleme est si desespére que je dois a la celebrite des geometres qui s'en sont inutilement occupés, la plus grande mefiance de mon travail, aussi l'aije.

Monsieur de Condorcet a de l'estime et de l'amitié pour moi. Je ne doute point qu'il ne se donnat la peine d'examiner ma demonstration ; mais je manquerais tout a fait de pudeur, si je l'exposais encore a la parte d'un tems precieux. J'aime mieux m'en rapporter au public. quelle si grande honte y a t'il donc a s'etre trompé ? il m'est arrive de faire tant de fois des paralogismes, que je ne rougirai point d'en avoir fait un de plus.

Lorsque je consultai l'habile geometre que je viens de nommer, il me fit voir avec une condescendance que je scaurais trop louer (*sic*) que j'avais fait ici un erreur dans les signes, la dans la somme des espaces appliqués, ou dans le residu des espaces superposés ;

Si j'en avais infere la faussete de la methode, je crois que ma conclusion aurait ete vicieuse d'ailleurs j'etais persuade qu'il n'y avait dans la nature aucun phenomene, dans la science aucune proposition sterile. J'avais feconde, s'il m'est permis de m'exprimer ainsi, le theoreme d'hippocrate de Chio sur les lunules ; je me promis de feconder eg [a] lement le corollaire que j'en avais tiré ; je m'opiniatrai, et je soumets au Jugement du lecteur le dernier resultat de mes efforts.

Je n'ignore pas que Newton a demontré dans ses principes mathematiques que *omnis area, in giris arta, nisi per aequationem numero terminorum infinitam potest generaliter exprimi* ; mais un geometre qui a bien acquis le droit de prononcer dans ces matieres, m'a dit que la demonstration de Newton etoit suspecte. et quand le nombre des termes qui peuvent exprimer generalement l'aire d'une courbe qui revient sur ellememe, seroit infini, pourquoi dans le nombre des series, n'y en aurait [-il] aucune de sommable ? D'un autre cote, la solution de Newton seroit rigoureuse qu'en prouvant contre la methode analytique, elle laissait intacte celle des applications et superpositions dont je me suis servi ; et qu'hippocrate de chio avoit emploiée avec succès.

Je n'ai jamais donné a la recherche dont il s'agit, que le tems que j'aurais perdu. quelquefois, j'ai reconnu, sans aucun secours, le vice de ma solution ; d'autrefois, engagé dans des études plus seduisantes, les reponses que d'habiles gens m'avoient faites, sont restees, sur ma table, fermées pendant des mois entiers, tant j'etois convaincu de l'inutilité de ma tentative. Si je n'avais eu d'autre dessein que de tenir sans cesse mon esprit en haleine, on conviendra que je n'avois rien de mieux a faire que de l'appliquer a l'examen de la possibilité ou de l'impossibilité de la quadrature la multitude des faces sous lesquelles ce probleme peut être consideré est presqu'infinie, et je la recommande ou comme un excellent somnifere ou comme un des meilleurs moyens d'abreger la longueur des nuits, en tout genre, il y a des sophismes (17) qui montrent autant et plus de sagacite qu'on n'en remarque dans une découverte reelle ; cependant le mepris pour les quadratures est si general (18) que s'il s'ecoulait un longtems, sans qu'on daignat s'occuper de ma cyclometrie, et sans que la verite ou la faussete en fut demontree. Je n'en serois aucunement surpris, quoiqu'il en arrive, je repeterai que ce n'est point comme une demonstration dont je sois certain, mais comme une faussette, peutetre facile a trouver, que je la présente. ne scais je pas qu'un geometre a dit pendant des journees entieres sept fois sept font quarante deux ; et pourquoi dans une longue comparaison d'espaces, ne serais je pas tombe dans la meme inadvertance.

ma premiere proposition est evidente. si les deux qui suivent etaient vraies, la cyclometrie seroit achevée ; et des equations differentielles qui supposent la quadrature du cercle definie, ou indefinie, il n'en resteroit aucune qu'on ne put integrer. » (19).

Respect des devanciers, prudente méfiance, apologie de l'obstination (qui répond évidemment aux critiques verbales de Naigeon et peut-être d'autres), railleries sur le temps perdu et sur les illusions du calculateur, tout concourt à révéler l'attachement gêné et honteux de l'auteur pour son travail — tout, même la petite note finale d'espoir et d'orgueil.

J. Mayer, novembre 1954.

NOTES

1°) Histoire de l'Académie des Sciences, 1700 ; de la Hire et Varignon, chargés d'examiner cette solution, le condamnent dans leur rapport. 2°) Voir entres autres, Montucla, *Histoire de la quadrature du cercle*, 1754. 3°) *Mémoires sur différents sujets de mathématiques*, Paris, 1748, chez Durand et Pissot ; dans l'édition Assézat : t. IX, p. 73-182 ; pour la quadrature, v. p. 135-140. 4°) Ouv. cité, éd. de 1831, p. 54-55, cité par Krakeur et Krueger, dans *The Mathematical Writings of Diderot*, Isis XXXIII, juin 1941, p. 224, n. 26. 5°) Par ce terme général il faut entendre ici la développante du cercle. 6°) Art. cité. p, 223. 7°) Œuvres, éd. Assézat, t. II, 400. 8°) Le passage de la *Réfutation d'Hélvétius* semble l'indiquer clairement. 9°) Article de Meister, avril 1775, t. XI, p. 65 de l'éd. Garnier. 10°) (Nous nous excusons du caractère strictement technique de l'étude qui va suivre ; mais nous pensons qu'un commentaire de ce mémoire ardu n'est pas inutile à la connaissance de Diderot mathématicien). Nous nous référons au manuscrit encore inédit du fonds Vandeul (Bibliothèque nationale), tome cartonné N° XXII ; une édition de ce mémoire est en préparation à l'Université de Harvard, sous la direction du Professeur H. Dieckmann. 11°) En particulier le Marquis de l'Hôpital (cf. Histoire de l'Académie des Sciences, 1701). 12°) p. 27 du mémoire. 13°) pp. 19 et 22, par exemple. 14°) Les exemples abondent. Il est très déconcertant pour le lecteur que la petit lunule soit représentée dans les calculs par l'espace boempa de la figure 3, lequel est égal à $r^2 - pl/2$ (r étant le rayon du petit cercle, et pl l'aire de la petite lunule). 15°) Dans la dernière équation de la p. 25, le secteur $+ \frac{7\lambda l\omega}{18}$ n'a aucun équivalent dans l'équation suivante. Le secteur qui fait finalement l'objet de la quadrature (p. 27) est le secteur $- \frac{7\lambda l\omega}{9}$. 16°) Nous respectons la graphie de Diderot, qui est ici plus anarchique encore que de coutume ; ce qui s'accorde assez bien avec le ton passionné de certains passages de cette conclusion. 17°) Diderot avait écrit *erreurs*, puis a corrigé. 18°) Si nous admettons pour le mémoire la date vraisemblable de 1775, on se rappellera que c'est précisément cette année-là que l'Académie des Sciences signifia sa volonté de ne plus examiner de solutions de la quadrature du cercle. 19°) pp. 27-28 du mémoire.

Raoul DAUTRY

Ancien élève du Lycée de Poitiers (1)

L'A. F. A. S. ne pouvait tenir son Congrès annuel dans cette belle capitale du Poitou sans que sa section de génie civil, militaire et aéronautique n'adressât une pensée émue à l'éminent ingénieur et conducteur d'hommes que fut Raoul Dautry, ancien élève du Lycée de Poitiers.

Je me propose de vous rappeler à grands traits les principales étapes de sa carrière, de vous indiquer les mérites particuliers de son intelligence et de son caractère qui le firent appeler à des emplois exceptionnellement difficiles ; enfin de vous montrer quelques images de lui aux diverses époques de sa vie. Bien que j'aie eu des contacts personnels avec M. Dautry, d'une part lorsqu'il était ministre de l'Armement, d'autre part lorsqu'il fut ministre de la Reconstruction, tout ce que je vous dirai est issu d'une documentation fort complète qui m'a été communiquée par l'Association Raoul Dautry, et plus spécialement par son secrétaire général adjoint Mme Lestringuez, collaboratrice de M. Dautry aux divers postes qu'il occupa, à laquelle j'adresse ici mes remerciements, et dans un instant, je l'espère, les vôtres.

Le 1er octobre 1898, entrait dans la classe de Mathématiques Spéciales du Lycée de Poitiers, le jeune Raoul Dautry, né le 13 septembre 1880, donc âgé de 18 ans, à quelques jours près.

Ce jeune homme avait fait ses études antérieures au Lycée Gay Lussac de Limoges. Il avait été très jeune orphelin de père et de mère ; son éducation fut assurée par une tante et un oncle, Mme et M. Pradal. Ce dernier était agent des Ponts et Chaussées ; lors d'une mutation de Montluçon à Limoges, il fit entrer Raoul Dautry au Lycée de Limoges. Nous trouvons de brillantes traces de son passage dans les palmarès de cet établissement où il recueille :

— en 6e moderne : 9 prix (dont le prix d'excellence) ;
— en 5e moderne : 7 prix (dont le prix d'excellence) + 4 accessits ;

(1) Exposé présenté par M. Georges Dupouy, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, au Congrès de Poitiers de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, le 20 juillet 1954 et transmis par cette association.

— en 4e moderne : 10 prix (dont le prix d'excellence) + 4 accessits.

En 1898 donc, il entre au Lycée de Poitiers pour faire des mathématiques spéciales. Le décompte des années entre les palmarès de Limoges et 1898, où il était évidemment bachelier complet, nous conduit à penser qu'il a dû sauter l'une des classes de 3e ou de 2e.

Son maître de mathématiques est un jeune professeur débutant, Paul Montel, dont je n'entreprendrai pas de raconter la brillante carrière ultérieure (Doyen de la Faculté des Sciences de Paris et membre de l'Institut). Malgré quelques frottements avec ce maître exigeant, Dautry fait une bonne première année de Spéciales et obtient :

— le 1er prix de Français (la matière forte de ses études) ;
— le 2e prix de Géométrie descriptive et épure ;
— le 1er prix de lavis.

La seconde année de Spéciales est un couronnement :

— prix d'excellence ;
— 1er prix de français ;
— 2e prix de mathématiques ;
— 1er prix d'épure ;
— 1er prix de physique et chimie ;
— 1er prix de lavis ;
— 3e accessit de dessin,

et surtout il est reçu à l'Ecole Polytechnique, âgé de 20 ans à peine.

Raoul Dautry ne reviendra plus à Poitiers qu'en passant, à l'occasion des déplacements afférents à ses diverses fonctions, comme directeur général des chemins de fer de l'Etat, pour accéder au réseau qu'il dirigeait ; puis comme ministre de la Reconstruction.

Raoul Dautry sort de l'Ecole Polytechnique en 1902. Il fait une année de service militaire, puis entre en 1903 à la Compagnie des Chemins de fer du Nord, au poste modeste d'attaché, dans le service Voies et Bâtiments.

Il est apprécié et franchit rapidement les échelons de la hiérarchie : chef de district, chef de section, ingénieur principal, chef d'arrondissement.

En 1908, il est professeur du cours de chemin de fer à l'Ecole Spéciale des Travaux Publics.

En 1914-1918 il est maintenu à titre militaire dans son service ; en 1918 il reçoit la Croix de chevalier de la Légion d'honneur à titre exceptionnel pour services rendus dans les transports militaires (On honorait ainsi la rapidité des réalisations dont il avait été chargé).

En 1920, il est nommé Ingénieur en Chef et chargé de la reconstruction des voies, ouvrages d'art, bâtiments et signaux du Réseau du Nord, et en outre, des études et de la construction de cités-jardins pour le logement des cheminots. Ce sera un prélude à ses futures fonctions de ministre de la Reconstruction.

Déjà sa réputation s'affirme de deux façons :

— d'une part comme technicien particulièrement averti des problèmes de transports : il est délégué en 1922 à Gènes comme expert à une Conférence Internationale des Transports ;

— d'autre part comme animateur exceptionnellement efficace et très versé sur l'aspect humain des problèmes ; c'est à ce titre qu'en 1921 il est président de la ligue contre le Taudis, et en 1925 expert au Conseil National Economique.

Enfin c'est un travailleur infatigable, et il sait communiquer la même vertu à ses collaborateurs.

En 1928, sa réputation est solidement assise, d'un réalisateur exceptionnel. C'est en visitant l'une des cités modèles du réseau du Nord qu'un ministre des Travaux Publics à l'intelligence aiguë et au jugement sûr, André Tardieu, conçut l'idée de faire appel à lui pour d'autres missions.

Déjà Raoul Dautry accordait sa collaboration à des tâches extérieures au chemin de fer. Ainsi avait-il pour le Conseil National Economique un rapport sur l'aviation marchande, alors à ses débuts, et qui était à la recherche de son statut. Ce rapport avait eu un vif succès, et quand, peu après le Gouvernement décida la création d'un Ministère de l'Air, il ne l'accepta qu'à condition d'avoir Dautry à ses côtés ; celui-ci ne se sentit pas le cœur d'abandonner son métier de cheminot.

Le refus de Raoul Dautry entraîna celui de Tardieu ; sans rancune le ministre offrit peu après au cheminot de s'asseoir dans le fauteuil de Directeur Général des Chemins de fer de l'Etat.

Le poste n'était pas enviable. Aucune critique n'était épargnée à ce malheureux réseau, dont les directeurs s'usaient en moins de deux ans. « Rester deux ans et s'en aller », tel est le conseil qu'un ancien donne à Dautry : « Il me faut dix ans pour réaliser mon programme », fut sa réponse. Il ne partit qu'au bout de neuf ans et parce qu'il le voulut bien.

L'arrivée de Dautry au réseau fit l'effet d'une bombe. Il y montra une aisance, un ascendant, une compétence étendue à toutes les spécialités ferroviaires, qui lui rallièrent tous les suffrages. Quelques mois après, le chef d'exploitation Direz disait lui-même : « Même s'il partait demain, désormais j'examinerais de toute autre façon qu'autrefois les problèmes que pose mon métier ».

Au cours des neuf années passées, les effectifs du personnel furent réduits de quelques 20 % ; le coefficient d'exploitation fut amélioré, en même temps que la régularité des délais.

Un ancien collaborateur et admirateur de Raoul Dautry, Frédéric Surleau, inspecteur général des Ponts et Chaussées, conseiller d'Etat, compare l'action de Dautry à celle de Lyautey, et dit :

« Chez ces deux grands chefs, des méthodes valables en » soi pour le commun des mortels se trouvent comme magnifiées » par un pouvoir magique de suggestion et d'invention. N'ayons » pas peur des mots : on sent passer sur l'activité prodigieuse de » ces deux maîtres-bâtisseurs comme le souffle du génie.

» Bien sûr ce souffle tournait parfois à l'ouragan. Mais il était » bien plus souvent la brise vivifiante que l'on respire à pleins pou- » mons et qui vous fouette le sang. »

En 1936 et 1937, Dautry voit avec une profonde tristesse un nouveau climat moral s'installer dans la nation.

L'homme qui, par la grève, voire par le sabotage, manque à son devoir social, bénéficie de la pleine indulgence gouvernementale ; on pratique la démagogie illusoire des hauts salaires ; et en même temps, par une contradiction incompréhensible, on entend réduire la durée du travail, ceci dans des conditions exceptionnellement graves pour l'exploitation des chemins de fer.

C'est l'époque où l'Allemagne qui veut manifestement sa revanche sur la France, s'arme jusqu'aux dents, par un exceptionnel surcroît d'efforts.

Dautry prend délibérément parti contre ces conceptions erronées à ses yeux. Son action vigoureuse n'est pas couronnée de succès ; en 1937, il demande sa mise à la retraite des chemins de fer de l'Etat.

Il prend de nouvelles activités : il devient :

— Président de la Société Hispano-Suiza ;

— Administrateur délégué de la Compagnie Générale d'Electricité ;

— Professeur du cours de Transports à l'Ecole des Sciences Politiques.

Il reçoit la médaille d'or Kuhlmann de la Société Industrielle du Nord : il est délégué de la France à la Fédération Internationale de l'Habitation et de l'Urbanisme.

En 1939 il est nommé membre du Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique ; et ultérieurement, président du Centre de Formation Sociale des Cadres de l'Industrie et du Commerce.

Nous arrivons, avec l'année 1939, à l'époque où Dautry sera chargé de missions encore plus difficiles et redoutables que celles qu'il avait assumées antérieurement comme cheminot ; parce qu'elles feront appel bien plus à *l'homme et à son caractère*, qu'à ses talents d'ingénieur. Ce sera de 1939 à 1940 la période du Ministère de l'Armement, où le problème était de réparer, dans la mesure où faire se pouvait, les conséquences des erreurs et des faiblesses qu'il avait si durement réprouvées en 1936 et 1937.

Ce sera plus tard, au Ministère de la Reconstruction, de 1944 à fin 1945, la mise en route de la tâche immense de réparer les nouvelles conséquences, matérielles cette fois, et non simplement politiques, des fautes de 1936.

A l'une et l'autre de ces tâches, il s'attaque avec son ardeur coutumière, et sa puissance de travail, et son ascendant sur les hommes.

Sur le premier problème, celui de l'armement, il voit clairement les choses, et comprend qu'il faudra plusieurs années pour rattraper le temps perdu. Pour faire des armements, il faut des usines, et les usines n'existent pas. Il fait un acte de foi : les armées alliées tiendront pendant le temps suffisant pour obtenir la suprématie de l'armement, avec l'aide du monde resté libre.

En tous les points de la France pendant cet hiver 1939-40, commencent à s'élever de nouveaux établissements industriels.

Hélas, ces efforts personnels, appuyés des efforts de ceux qui l'ont entouré, sont emportés par l'explosion militaire de mai 1940.

Mais Dautry garde l'*espérance*. Le 18 juin 1940, il est sollicité de s'intégrer à l'équipe ministérielle constituée en vue de la capitulation. Il refuse, et se tient éloigné de toute activité publique de 1940 à 1944, sauf son cours à l'Ecole des Sciences Politiques.

En 1944, il est appelé au Conseil National de la Résistance, sur la proposition de M. Pasteur-Vallery-Radot. Pendant que se déroule la bataille de Paris, il prend la présidence du Secours National.

Le 17 novembre 1944, il est appelé par le Premier Gouvernement Provisoire du Général de Gaulle aux fonctions de ministre de la Reconstruction.

Il tient à adjoindre à la désignation de ce ministère le terme d'Urbanisme pour marquer fortement ses intentions de faire bien, très bien, et de ne pas laisser prise aux routines locales qui pourraient souhaiter le rétablissement à l'identique. C'est la même notion qui l'animait dans son métier de cheminot : « contre la routine ».

En contrepartie, il a le courage d'annoncer la vérité aux sinistrés : ce sera long ; mais ce sera bien fait. Je l'ai personnellement entendu en 1945 dans ses discours aux populations, pendant une tournée qu'il fit en Bretagne et plus particulièrement à Lorient. Les Associations de Sinistrés n'entendaient pas toujours ces vérités d'une oreille amène. Elles étaient plus attristées encore quand Dautry se refusait à promettre la réparation intégrale, estimant que le sinistré ne pouvait avoir droit au rétablissement de son bien que s'il faisait lui-même un effort pour le reconquérir.

Dautry n'aimait pas la démagogie ; il avait l'immense mérite de la loyauté.

En janvier 1946, s'achèvent ses fonctions de ministre de la Reconstruction. Le Commissariat à l'Energie Atomique est alors créé ; Dautry est désigné comme Administrateur Général. Il installe la Direction des Services dans un petit hôtel de la rue de Varenne, dans le quartier des Ministères. Là vivent et travaillent encore certains de ses anciens collaborateurs.

Dautry conserve ses fonctions d'Administrateur Général jusqu'à sa mort, survenue le 21 août 1951, à Lourmarin, village du Vaucluse, dont il était maire.

Pendant cette période naît Zoé, première pile atomique française et première pile hors des pays anglo-saxons. Actuellement continue à s'édifier le Centre Nucléaire de Saclay où sont réunis une des meilleures piles expérimentales et de très puissants instruments de recherche.

A ces fonctions, il ajoute celles de Président de la Fondation Nationale de la Cité Universitaire. Il continue à recommander, comme au temps du Ministère de la Reconstruction, l'utilisation du vaste terrain de la Halle aux Vins pour résoudre le problème brûlant des extensions de la Sorbonne. Puisse cette suggestion être reprise et menée à bien par quelque homme d'Etat vigoureux !

Il devient aussi Président du « Mouvement Français Européen ».

Raoul Dautry a été un brillant ingénieur. Mais ce qui fait son immense valeur, et le motif de l'admiration que nous lui portons, c'est d'avoir été un conducteur d'hommes exceptionnel.

C'est d'ailleurs aux valeurs humaines qu'il attachait la plus grande importance.

Ceci explique que ce soit à l'Académie des Sciences morales et politiques et non à l'Académie des Sciences, qu'il a fait acte de candidature et a été élu en 1946.

Nous retrouvons ces mêmes notions humaines dans l'un des derniers documents de sa vie :

Le 10 juillet 1951, il était venu dans le Limousin pour visiter des gisements d'uranium. Le 12 juillet, il présidait la distribution des prix du Lycée Gay-Lussac de Limoges.

Voici un extrait du discours qu'il prononça ce jour, qui constitue une sorte de testament moral puisqu'il devait s'éteindre moins de 40 jours plus tard à Lourmarin.

« Mes jeunes camarades, la vie de Gay-Lussac inspirera-t-elle à quelques-uns d'entre vous de s'orienter vers le travail scientifique ? Laissez-moi l'espérer car, pour tenir une place honorable dans un monde qui appartient chaque jour un peu plus au technicien, à l'industriel et à l'économiste, la France a un très grand besoin de « travailleurs scientifiques ». Certes, je suis loin de croire que la science est la valeur suprême de l'intelligence humaine et qu'elle est le facteur déterminant du véritable progrès humain. Je ne partage pas du tout l'opinion de l'illustre savant qui se plaisait à dire : que ce n'est pas la peine de se tracasser beaucoup au sujet de la question sociale, car les physiciens résoudront toutes ses difficultés en supprimant le problème, du fait qu'ils arriveront à créer assez de richesses pour tous..

» En conclusion, mes jeunes camarades, d'une allocution que je veux brève, les forces intellectuelles et morales étant les seules qui, en dépit des apparences, dirigent la vie, je vous dis : ayez confiance dans la vie, dans l'effort désintéressé. Ayez, comme Goethe, le désir de dresser aussi haut que possible dans les airs, la pyramide de votre existence dont la base vous est donnée par l'enseignement et l'exemple de vos maîtres.

» Répétez-vous chaque jour que vous n'avez pas de temps à perdre, si vous voulez que votre vie ne soit ni tronquée ni achevée, qu'il faut à la fois respecter et pratiquer les humanités classiques, respecter et étendre vos connaissances scientifiques.

» Que si la vérité veut qu'on ne subordonne jamais l'esprit à la matière, c'est par la culture la plus étendue, la plus complète que vous vous en approcherez et la réaliserez en vous-même d'abord et dans vos relations sociales ensuite.

» Que c'est à la fois en améliorant la vie morale des hommes auxquels vous commanderez, que vous améliorerez leur vie matérielle, et en améliorant leur vie matérielle que vous ferez des hommes meilleurs.

» Qu'enfin, c'est en rendant par l'étude votre esprit accueillant à la fois aux Lettres et aux Sciences, que vous vous ferez hommes, et que vous aiderez à alléger les misères et les souffrances qui sont le cortège millénaire de l'homme et des Sociétés. »

Georges Dupouy.

Classification Scalaire des Sciences de la Matière et de leurs Méthodes

par Louis GLANGEAUD

Doyen de la Faculté des Sciences de Besançon

1°) Objets et méthodes de la Géologie

La rédaction d'un volume sur les phénomènes géologiques a suscité les réflexions qui vont suivre :

L'Astronomie dans sa partie cosmologique, la Biologie générale, la Clinique médicale, la Sociologie, la Géologie et l'Histoire sont des Sciences de synthèse. Elles utilisent des matériaux qui leur sont apportés par d'autres disciplines plus analytiques. Les épistémologues de ces sciences doivent donc faire la critique des documents. Le géologue, soucieux de connaître la valeur des théories et le degré de certitude qu'il peut atteindre, est ainsi amené à examiner la valeur et la limite d'application des méthodes et des raisonnements de toutes les sciences qu'il emploie. Il apparaît ainsi nécessaire d'édifier une Géologie théorique et comparée. Elle représente pour la Géologie, un effort analogue à ce qu'est l'axiomatique pour les Mathématiques et les théories physiques pour le physicien. En faisant un tel inventaire, le Géologue doit examiner de nombreux problèmes méthodologiques et épistémologiques qui dépassent le cadre de la Géologie.

L'étude des phénomènes actuels fait intervenir en même temps les forces de liaison interatomiques et intermoléculaires qui expliquent la formation des cristaux et les forces d'origine astronomique qui commandent les phénomènes dynamiques de la surface du globe. Un des problèmes fondamentaux de la Géologie est de savoir par quelles méthodes qualitatives et quantitatives on peut *relier dans le temps et dans l'espace, des phénomènes aussi différents entre eux*.

Pour résoudre un tel problème, deux tendances extrêmes se sont affrontées au cours de l'Histoire de la Géologie et de la Géophysique. La tendance taxonomique a consisté surtout à classer les faits et observations au moyen de tableaux et de catégories et à discuter longuement sur les limites de chaque catégorie (étage, zone, espèce, genre, etc...). Ceux qui utilisent de telles méthodes pensaient

peut-être trop exclusivement qu'elles étaient les seules méthodes objectives.

La tendance que nous qualifierons d'abstraite, utilise les lois de la physique classique pour les appliquer aux phénomènes complexes de la Géologie.

En considérant le travail de l'ensemble des géologues et géophysiciens mondiaux pour un temps assez long, on s'aperçoit que ces deux méthodes extrêmes se sont affrontées puis conciliées en synthèse par des dialectiques collectives ou même parfois individuelles. En effet, le géologue peut, sans attendre l'intervention de tiers, coordonner les tendances abstraites de sa raison et les résultats concrets de l'observation et de l'expérience.

Le géologue étudie aussi bien les objets matériels que les phénomènes qui leur sont liés. Il confronte les résultats quantitatifs fournis par l'observation directe des phénomènes naturels avec les données obtenues par les méthodes de la physique expérimentale en utilisant les calculs mathématiques.

Dans de telles conditions, le géologue et d'une façon générale tous les scientifiques de la matière, se heurtent à des problèmes méthodologiques analogues à ceux qui ont été si longuement analysés et discutés par les microphysiciens modernes. Ces derniers, pour établir les théories de la lumière, ont essayé de rendre compatibles et cohérentes la théorie ondulatoire (phénoménologique) et la théorie corpusculaire (individuologique). Ils ont essayé d'unifier dans une même équation les corpuscules élémentaires quantifiés qu'il est difficile de représenter par des fonctions linéaires et les phénomènes continus, et qui sont plus faciles à traiter mathématiquement. En microphysique, à cette dualité onde-corpuscule, s'ajoute l'impossibilité méthodologique de l'observation directe du phénomène à l'échelle où il se produit.

Au contraire, la liaison existentielle entre les individus et les phénomènes naturels, peut être observée d'une façon concrète et expérimentale dans les phénomènes actuels de la Géonomie (1). Ces phénomènes sont, en effet, plus directement accessibles à l'observation humaine que ceux de la nature microsphysique ou de la mégaphysique. De plus, c'est au voisinage du mètre que les phénomènes d'origine astronomique remplacent comme phénomènes dominants ceux liés à la microphysique, ainsi que nous le verrons plus loin.

(1) Par comparaison avec l'Astronomie, nous appellerons Géonomie, l'ensemble des sciences intéressant la Terre et son histoire. C'est l'ancienne Géologie générale avec la Géophysique et la Géochimie. La Géogonie ou théorie de formation et d'évolution de la Terre sera de même une partie de la Cosmogonie appliquée à la Terre.

2°) La Terre, agent de liaison entre l'atome et le cosmos

Ces faits épistémologiques montrent comment on passe de la microphysique à la mégaphysique (astronomie) en utilisant la succession et la hiérarchie des phénomènes de l'échelle du cristal à celle de la Terre.

A *l'échelle du cristal*, les caractères macroscopiques des minéraux (cristallographie et optique cristalline) ont pu être reliés aux théories atomiques en employant les mathématiques les plus modernes, grâce à la Mécanique ondulatoire et aux théories structurales des cristaux.

Les méthodes de la Minéralogie et ses résultats dans le domaine des Sciences de la Terre mériteraient d'être longuement examinées, étant donnée leur importance méthodologique. Il y a 150 ans, Haüy, par la simple observation des formes géométriques des cristaux, émettait les premières lois de la cristallographie géométrique. Il en est résulté une *géométrie du discontinu* adaptée à la structure particulière des réseaux cristallins. Ses lois géométriques, si elles fournissaient un modèle conforme à l'observation, pouvaient être considérées avant les Rayons X comme étant seulement des constructions de l'esprit, malgré leurs bases naturelles.

C'est en utilisant la diffraction des rayonx X, que Bragg et ses disciples ont pu mettre en évidence l'existence réelle d'arrangements périodiques de l'ordre de grandeur de l'angström ($A^0 = 10^{-8}$ cm). Ces méthodes, plus fines que celles de l'optique classique ont permis, grâce à de nombreux travaux, d'explorer le niveau situé entre l'atome et le cristal macroscopique (1).

Cet immense apport permet maintenant de relier, de façon concrète, les niveaux atomiques et moléculaires (fig. 1 et 2) aux dimensions de l'échelle humaine, par des théories solidement établies. Un tel succès est dû essentiellement, en plus de la valeur des savants, à ce que les méthodes adaptées à la microphysique, utilisent des phénomènes de *dimension analogue à celles des objets étudiés* (Rayons X, diffraction électronique, effet Raman).

(1) Pour le géologue, les études de Mauguin et Wyart, à Paris, ainsi que les expériences du laboratoire de géophysique de Washington, sous la direction d'Adams, ont apporté sur la structure et la formation des silicates, des données fondamentales qui font mieux comprendre l'évolution des roches éruptives profondes et de la croûte terrestre. La *diffraction électronique*, application de la mécanique ondulatoire de L. de Broglie, utilisée en France notamment par M. Trillat, a permis l'étude des structures non atteintes par les rayons X. A la même époque, l'*effet Raman* permettait à la belle école d'organiciens français, avec Dupont, Kirmann, Quelet et Prévost, et à des physiciens comme Kastler, de définir les liaisons intramoléculaires en chimie organique. Il a été utilisé récemment par J.-P. Mathieu pour les cristaux.

Si l'on veut maintenant réunir par des théories cohérentes la physique à l'échelle humaine à la mégaphysique (géonomie et astronomie) un travail analogue d'analyses et de synthèses devra être réalisé.

Pour cela, il faut accumuler méthodiquement une grande quantité de documents quantitatifs, les traiter statistiquement, mettre au point les méthodologies et les interprétations valables pour les dimensions spatiales et temporelles des objets et phénomènes étudiés. C'est le but des *Sciences géonomiques*, qui, dernières venues dans la cohorte des sciences de la matière, n'ont vraiment commencé à réunir des résultats quantitatifs importants que depuis une vingtaine d'années. Leurs moyens d'étude ne commencent à couvrir la surface terrestre que depuis quelques années, pour les sciences géophysiques (années géophysiques), les roches éruptives (statistiques géochimiques) et l'océanographie physique. La morphologie, la géologie sous-marine, la paléobiologie, la paléovolcanologie, la sédimentologie et la tectonique, n'ont encore pu réussir un ensemble suffisant de données quantitatives à échelle terrestre.

Ce travail de mesure, de statistique et de synthèse géonomique n'en est encore qu'à son début. Il a néanmoins déjà fourni des résultats importants non seulement dans le domaine pratique, mais aussi dans le domaine théorique. Ses résultats généraux représentent actuellement un élément fondamental d'une part, pour la Cosmologie, et d'autre part, pour la Biologie comparée. Deux exemples vont le montrer :

Lord Kelvin avait émis l'hypothèse que l'énergie du soleil provenait de sa contraction de masse sous l'influence de la gravité. Le mécanisme invoqué limitait la durée du soleil à 20 millions d'années. Or, à la même époque, les géologues, avec des méthodes d'évaluation assez grossières, estimaient entre 200 millions et un milliard d'années, l'ancienneté des premiers sédiments terrestres. Avant la naissance de la physique nucléaire, ce chiffre obligeait certains astronomes comme Eddington, Bosler, à la suite de Jean Perrin en 1921, à admettre la nécessité d'une énergie intra-atomique pour expliquer les phénomènes stellaires. Depuis, les données de la radioactivité ont confirmé et renforcé les prévisions des géologues en fixant à 1.800 millions d'années, l'âge des premiers terrains précambriens connus.

Ce chiffre *géologique* est devenu une des bases les plus solides des théories cosmologiques modernes (théories de Bondi, d'Eddington, Gamow, Gold, Hoyle, Lemaître, Milne, Vorontzoff, Weiszäcker, etc...).

Les résultats obtenus par les nouveaux télescopes du mont Palomar ont doublé la distance admise pour les galaxies les plus lointaines et par suite doublé le chiffre calculé pour la durée d'expansion de l'univers. A la suite de cette modification récente, Couderc remarque « que la Terre demeure un os à avaler par la théorie de l'expansion, mais ne se met plus franchement en travers ». Ainsi les données de la Géonomie continuent à servir de test pour la valeur des théories cosmologiques.

Dans le domaine des sciences biologiques, les données de l'embryologie et de la taxonomie (classification zoologique), avaient permis d'établir des hypothèses sur l'origine des espèces. La Paléontologie, en suivant l'évolution réelle des espèces dans les temps géologiques leur a apporté des confirmations si remarquables que l'on a pu écrire : « les fossiles ont été fidèles au rendez-vous des calculs » (de Saint-Seine) et « les documents paléontologiques sont les seuls à nous renseigner sur la marche réelle de l'évolution » (Grassé).

Mais, ainsi que l'ont souligné Grassé et Piveteau, on doit séparer l'action générale de la macroévolution géologique des mécanismes partiels des microévolutions génétiques. Aussi, un dialecticien comme J. S. B. Haldane qui a consacré une partie de sa vie à élucider le mécanisme de l'évolution, estime que : « il est encore plus important de connaître les faits de base de la paléontologie ». Ces faits de base correspondent aux phénomènes géologiques enveloppant tous les mécanismes d'évolution à échelles plus petites.

Ces exemples, pris entre beaucoup d'autres, montrent que les phénomènes géologiques font intervenir simultanément des objets dont les dimensions vont depuis l'atome jusqu'au cosmos et des événements dont la durée s'étend depuis la journée jusqu'au milliard d'années.

3°) Origine et définition de l'Epistémologie scalaire

Pour analyser méthodiquement ces complexes naturels, il devient donc nécessaire d'établir les relations logiques (1)

(1) Les relations d'équivalence, d'ordre et appartenance sont désormais d'un usage fréquent, par exemple, pour approfondir l'étude des structures algébriques. Ces relations sont apparues dans les conquêtes mathématico-logiques faites autour de 1900 par Peano, Hilbert, Burali-Forti et synthétisées en 1908 dans l'édifice des Principia de Russel et Whitehead. Mais la portée de ces relations est plus générale. Un observateur pourrait-il échelonner ses résultats sans le guide d'une relation d'ordre ou même proposer des mesures sans le guide d'une relation d'équivalence ?

existant entre les catégories d'objets et de phénomènes terrestres et astronomiques de dimensions temporo-spatiales différentes. L'étude des sédiments (1938) et des phénomènes tectoniques (1951) nous avait déjà montré l'exemple de *phénomènes dominants*, différents suivant l'échelle spatiale de l'objet étudié. Cette constatation nous avait amené à concevoir une « épistémologie *scalaire* » des Sciences de la matière. Nous employons le mot scalaire (échelle), car les méthodes utilisées par les disciplines correspondantes sont adaptées aux *dimensions* et caractéristiques des objets qu'elles étudient (atomistique, macromolécules, cristallographie, pétrographie, tectonique, géophysique, etc...). En 1949, nous avions précisé « qu'il apparaît nécessaire de repenser chaque niveau scalaire du réel, en fonction des nécessités épistémologiques de ce niveau et de ses postulats d'existence empiriques ». Nous avons trouvé, depuis, chez E. Guye (évolution physico-chimique, Paris, 1922) un point de vue analogue pour la physique et la Chimie. Ce physicien a précisé en 1922 que « c'est le niveau d'observation qui crée le phénomène ». La thèse de M. Meyer sur la « problématique de l'évolution » qui vient de paraître, a analysé, avec minutie et objectivité, les conséquences de « l'indépendance des niveaux méthodologiques ». Ce philosophe est arrivé, par une autre voie à des conclusions analogues à celles d'un physicien et à celles d'un géologue.

Ainsi, en liaison avec la phénoménologie classique, l'épistémologie scalaire met en œuvre une individuologie indispensable pour comprendre la structure du réel. L'épistomologie qui concerne les sciences scalaires de la matière, englobe donc à la fois, l'*individuologie scalaire* et la *phénoménologie scalaire*.

La philosophie de la structure de Ruyer, la Gestalt theorie, la Ganzhzeit theorie, ont aussi essayé d'intégrer le réel concret avec ses formes complexes dans une philosophie générale, mais nous nous limiterons volontairement au domaine méthodologique des sciences exactes.

Les « *Sciences scalaires de la Matière* », étudient des objets matériels dont les caractéristiques sont imposées par leurs dimensions temporo-spatiales. Dans ces sciences, la méthode et les phénomènes étudiés dépendent aussi en partie des objets auxquels elles s'appliquent. Un homme seul, surtout s'il est Doyen de Faculté depuis dix ans, ne peut assimiler toutes les disciplines utilisées dans ces sciences. Une vue d'ensemble de ce genre, quand elle n'est pas l'œuvre d'une équipe, ne peut atteindre qu'une approximation assez grossière. Néanmoins, nous souhaitons que cette tentative soit utile pour comparer les méthodes employées et délimiter les domaines de

validité des mesures et extrapolations. En effet, des données quantitatives et statistiques nombreuses seront nécessaires pour relier par le calcul, les différentes catégories de phénomènes intervenant dans l'évolution de la Terre. Pour que ce travail soit fructueux, on doit d'abord être fixé sur les domaines de valadité de calculs sous peine de voir les chaînes de déduction mathématiques se dérouler dans le vide. D'autre part, dans les hypothèses de travail du naturaliste, il faut éviter les faux problèmes et les logomachies. Pour les Sciences temporo-spatiales comme la Géologie, la Paléontologie, la Cosmologie, il faudrait en outre tenir compte des limitations techniques imposées par les méthodes de l'Histoire. Nous en ferons abstraction ici.

Nous allons essayer dans le cadre méthodologique ainsi défini de préciser les relations existant entre les différentes sciences de la matière. Pour cela nous partirons des objets qu'elles étudient pour montrer l'adaptation empirique des méthodes de chacune de ces sciences aux objets qui leur sont propres.

4°) Objets quelconques. Objets scalaires et individus scalaires

« L'objet matériel » est la donnée immédiate qui est à la base même de chacune des Sciences de la matière. Il en impose les caractères et les méthodes. Chaque grande catégorie d'objets et les phénomènes qui leur sont liés représentent des « niveaux d'organisation » différents de la matière. C'est pourquoi nous avons proposé, dans une note précédente, de renverser l'ordre habituel des analyses méthodologiques. Les études épistémologiques débutent toujours par des notions abstraites sur la connaissance en général et par la discussion des différents types de raisonnements déductifs, inductifs, mathématiques, analogiques, etc...

Depuis Aristote jusqu'à Bourbaki, en passant par Russel toutes les logiques abstraites ont été longuement et magnifiquement prospectées par les philosophes et les mathématiciens. Cette voie royale qui a conduit aux sommets les plus élevés de la pensée humaine, a montré sa valeur heuristique et normative. Elle a permis, par la logique de l'espace et du temps, la géométrisation de l'Univers avec Einstein et Weyl, mais elle a eu aussi de beaux succès en physique mathématique. Les champs, la pesanteur et l'électromagnétisme ont été coordonnés harmonieusement dans les théories unitaires de Jordan-Thiry et d'Einstein-Schröndiger. H. Cartan a résumé le résultat de ces magnifiques recherches abstraites en écrivant : « Le miracle de la science, c'est qu'on puisse édifier une mathématique abstraite, capable de s'appliquer ensuite avec efficacité aux lois de la nature ».

Le naturaliste qui aborde les problèmes scientifiques par une autre extrémité, celle des complexes matériels *structurés*, ne peut encore actuellement utiliser, directement, ces beaux résultats. Nous allons voir quelles sont les raisons méthodologiques de cette situation. En effet, le naturaliste est obligé d'admettre, d'abord, comme *donnée immédiate* de la connaissance scientifique, des individus matériels qu'il groupe en espèces et catégories. Nous nommerons pour simplifier ces espèces et ces catégories, des « objets matériels scalaires ». La Chimie, l'Astronomie et même la Physique ponctuelle, corpusculaire, atomique, moléculaire, micellaire, etc..., utilisent au moins en partie, les méthodes du naturaliste en admettant l'existence d'objets matériels comme données immédiates de ces sciences. Nous appellerons « Sciences de l'objet matériel scalaire » pour abréger « *Sciences scalaires* », celles qui admettent comme premier axiome, l'existence de tels objets.

Ces objets scientifiques ne sont pas de ceux du réalisme naïf. Les objets scalaires des Sciences de la Matière, représentent le *résidu irrationnel* qui se maintient à la base de toutes théories de la matière, comme les différents types de particules nucléaires, les différentes catégories d'atomes, de molécules, de micelles, de cellules, d'espèces vivantes, d'unités paléogéographiques, d'objets astronomiques.

Une telle nécessité de tenir compte de l'objet discontinu a été pressentie par beaucoup de philosophes des Sciences ; elle a été présentée en termes rigoureux par M. L. de Broglie et en formules éloquentes par M. Bachelard. Avec l'Ecole de Broglie, M. Destouches a développé l'axiomatique des théories physiques en tenant compte du rôle de l'observation et en utilisant l'existence des quanta et des particules élémentaires de la microphysique.

Un mathématicien comme M. Gonseth a même considéré la logique comme une « Physique de l'objet quelconque ». M. Bouligand en a tiré des conclusions épistémologiques sur le déclin des absolus mathématico-logiques et la liaison des Mathématiques et de la Physique. La théorie des ensembles, la topologie, le calcul matriciel, les méthodes statistiques et le calcul des probabilités, ont facilité le calcul sur les objets matériels.

Dans sa « physique de l'objet quelconque », H. Gonseth ne retient qu'une propriété des objets, « *l'existence* ». Les algébristes utilisent surtout les concepts d'ensemble, de nombre, d'opération et de relation. Les géomètres, s'ils invoquent les caractères géométriques, « se distinguent surtout des algébristes par la représentation imagée des relations » (Bouligand). Ces logiques et axioma-

tiques abstraites sont fondamentales et nécessaires, mais le naturaliste doit les compléter par la physique de l'objet non quelconque, de l'objet défini.

En effet, le naturaliste, le chimiste, l'astronome, le physicien du noyau, de l'atome et de la molécule, utilisent des objets scalaires auxquels sont liés un *nombre si important de caractères essentiels qu'ils ne peuvent être ramenés à des objets abstraits définis par un seul caractère ou par de simples modèles géométriques.* Une telle schématisation risque de faire disparaître les propriétés existentielles de l'objet considéré.

La possibilité de schématisation et de simplification des objets des Sciences de la Matière est limitée par les axiomes suivants :

1er *axiome* : les Sciences de la Matière admettent comme données immédiates des objets matériels scalaires ;

2e *axiome* : un objet scalaire est défini par un minimum de caractères essentiels qui lui sont indissolublement liés ;

3e *axiome* : la suppression d'un seul des caractères essentiels lié à l'objet scalaire d'une science déterminée, le transforme en un objet quelconque différent de celui étudié par cette Science.

Ces axiomes sont en accord avec la remarque présentée par M. L. de Broglie (Palais de la Découverte, octobre 1954) : « On ne peut pas décrire complètement les individus quand on ne possède sur eux que des renseignements statistiques ».

5°) Définition et classification des objets scientifiques scalaires

La première opération de toutes les sciences de la matière est donc de définir le minimum de caractères essentiels liés à l'objet qui sert de donnée immédiate. A ce point de vue, les préoccupations du chimiste, de l'astronome, du paléontologiste et du géologue ne sont pas tellement différentes.

En astronomie comme en géonomie, il existe ces monuments magnifiques à base mathématique qui sont la mécanique céleste et la géodésie. Ces disciplines définissent les caractères géométriques et mécaniques du globe et des objets célestes, mais la mécanique céleste, pas plus que la géodésie, ne suffisent pour expliquer entièrement les relations des phénomènes et des objets évoluant à la fois dans le temps et dans l'espace. Elles ne peuvent définir les espèces célestes.

Une première opération de classification (taxonomie) est indispensable. Bosler reprenait en 1925 l'opinion ancienne de l'astronome Herschell sous la forme suivante : « à l'exemple des naturalistes et

pour les mêmes raisons qu'eux, nous avons tout d'abord à classer les étoiles. Cette besogne de classification qui paraît obscure et vaine est pourtant un élément fondamental ». Elle cherche à travers l'espèce, les caractéristiques de l'individu.

Des diagrammes statistiques comme ceux de Danjon représentant les étoiles par grandeur et par classe ne diffèrent pas ainsi essentiellement des diagrammes statistiques utilisés pour la classification des roches éruptives et des espèces vivantes. Ce sont aussi les principes taxonomiques qui sont à la base de la classification de Mendéléjeff dont on connaît le rôle fondamental dans l'évolution de la Chimie. Or cette classification des éléments chimiques, établie d'abord sur des données qualitatives, continue à être toujours d'actualité, avec de légères modifications, malgré les progrès considérables provoqués de la Science atomique.

La classification est aussi indispensable pour les Sciences de la Matière que le solfège pour la musique. Comme le classificateur est parfois tombé dans la manie des collectionneurs philatélistes, cette opération élémentaire a pu être entachée de nombreuses erreurs, au moins dans ses débuts. Aussi les philosophes ignorent généralement l'existence même de ces opérations préliminaires des Sciences de la Matière, et négligent l'individu.

La géologie est basée sur l'étude d'un seul individu : la Terre. Les Sciences humaines expérimentent sur des individus bien définis et isolés. Elles n'en ont pas moins donné des résultats valables au point de vue général. Le zoologiste observe des individus et le physiologiste expérimente sur le chien « Azor ». Après avoir effectué ces observations individuelles, le naturaliste les généralise à toute une catégorie de même espèce. Il en est de même pour le minéralogiste qui manipule des individus cristallins isolés ; le chimiste cherche aussi à isoler ce qui a été nommé les « individus physico-chimiques » par Paul Pascal. Non seulement l'espèce (objet défini), mais même l'individu peut donc être un objet de science, contrairement à l'assertion d'Aristote.

Pour que l'individu et l'espèce puissent être intégrés dans une axiomatique de la matière, il faut les débarrasser de toutes les enveloppes métaphysiques et anthropomorphiques dont on les a revêtus. Les « structures cosmiques emboîtées » de Léonard de Vinci, et le mythe de l'« harmonie préétablie » qui survit jusqu'à l'époque moderne, ne sont que des vêtements métaphysiques surajoutés à des faits scientifiques.

Si l'on se borne aux faits expérimentaux dans le sens le plus large, l'individu et l'espèce qui en dérive immédiatement s'impo-

sent alors comme des données immédiates de la pensée, au même titre que le point ou la droite. L'individu est même le seul être véritable de la nature.

L'espèce du naturaliste est obtenue à partir de l'individu, par des dialectiques successives où interviennent l'intuition, la mesure et l'expérience. « *L'objet scientifique scalaire* » ainsi obtenu peut être traité par des méthodes mathématiques, en transformant ses caractères en paramètres numériques ou en fonctions linéaires ou non.

Il s'agira ensuite pour le mathématicien de jouer avec ces paramètres, par les méthodes statistiques et toute la gamme des Mathématiques de l'objet, pour les intégrer dans des ensembles emboîtés plus complexes. Cette opération, qualifiée de « *superquantification* » par L. de Broglie, sera d'une particulière difficulté si l'on veut respecter la structure du réel, et les axiomes fondamentaux des Sciences de la Matière énoncés précédemment (p. 154).

6°) La notion de niveaux d'organisation planétaires et stellaires

Ces singularités et discontinuités du réel font concevoir le monde de la matière planétaire comme formé par un certain nombre de niveaux d'organisation emboîtés.

L'expérience montre en effet que la matière planétaire *ne se divise pas de façon quelconque*. C'est seulement pour un certain nombre de *niveaux privilégiés*, définis par leur échelle temporo-spatiale, que la matière présente des caractéristiques spécifiques. Nous proposerons d'appeler « *niveaux d'organisation* » ces zones où apparaissent une catégorie d'individus et d'espèces définis.

Nous avions insisté dans des ouvrages antérieurs (1939, 1949) sur *ces clivages du réel* qui correspondent à l'apparition de *phénomènes dominants* à des niveaux temporo-spatiaux déterminés. Nous avons vu ultérieurement, qu'une théorie a été émise sous le nom de théorie d'émergence, par un certain nombre d'auteurs anglo-saxons, et notamment par Woodger et J. Needham. Le premier problème est de savoir s'il existe de tels niveaux d'organisation. On doit ensuite les définir et les classer. Après leur classement, on pourra chercher une explication générale aux relations existant entre les niveaux ainsi définis (fig. 1 et 2).

Pour les particules élémentaires, l'électron est de l'ordre de 10^{-13} cm, le proton serait 1.800 fois plus petit et le photon inférieur à 10^{-13}, d'après L. de Broglie (1954). A ce niveau,

sont liées les propriétés particulaires de la matière, qui sont les propriétés du noyau et des particules, avec des barrières de potentiel et de non linéarité. Au voisinage de l'angström, c'est-à-dire

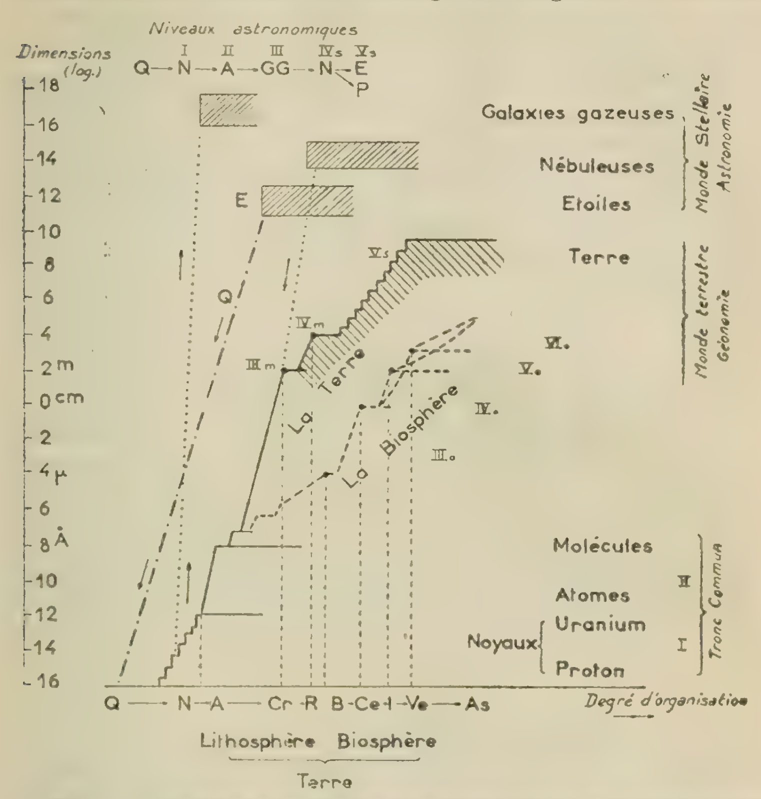


Fig. 1. — Classification scalaire des objets matériels et des sciences qui les étudient. En ordonnées ↓ les dimensions (échelle logarithmique en centimètres). En abscisses : degré d'organisation et de complexité pour chaque dimension d'espace. Les hachures obliques s'inclinant vers la gauche définissent les *objets stellaires* ; les hachures obliques s'inclinant vers la droite correspondent aux objets étudiés par les *sciences géonomiques*. Les *objets biologiques* sont réunis par une ligne de pointillés.

Abréviations : en haut : Q = quantum d'énergie ; N = noyau ; A = atome ; GG = galaxie gazeuse ; N = nébuleuse ; E = étoile ; R = planète.

En bas : Cr = cristaux ; R = roches ; B = bactéries ; Ce = cellule ; I = invertébrés ; Ve = vertébrés ; As = association d'être vivants. I ... VI indique les différents niveaux d'organisation ; (m) indique les niveaux minéraux ; (0) les niveaux organiques ; (s) les niveaux stellaires. Les flèches dans les niveaux astronomiques indiquent des échanges d'énergie. La flèche reliant directement les noyaux atomiques N aux objets stellaires correspond aux réactions nucléaires.

La flèche partant de l'étoile E vers le quantum d'énergie Q le plus inférieur correspond aux rayonnements cosmiques étudiés par Auger, Blackett et Leprince-Ringuet.

vers 10^{-8} cm, donc pour des dimensions 10^5 fois plus grandes, apparaissent les atomes « individus physico-chimiques de Paul Pascal » soumis aux *lois de la mécanique ondulatoire et de la physique quantique.* Entre ce niveau et celui du centimètre apparaissent les macromolécules et les microcristaux. La dimension minimum des microcristaux est imposée par les conditions de stabilité du réseau cristallin. Elle varie un peu suivant le réseau et le milieu ; mais on ne peut évidemment pas descendre au-dessous de quelques centaines de molécules ou d'ions. La dimension maximum des cristaux les plus gros est liée notamment *aux phénomènes de convection déclenchés* par les inégalités de saturation au voisinage du cristal et par les lacunes du réseau. Il n'y a pas de cristaux homogènes qui dépassent l'ordre du mètre.

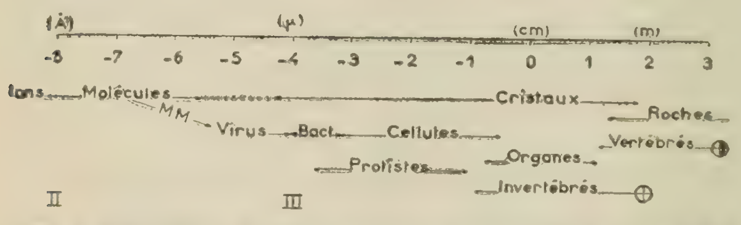


Fig. 2. — Différents niveaux d'organisation émergeant entre l'angström et le mètre. Echelle logarithmique en centimètres. Horizontalement : les dimensions linéaires des différents objets scientifiques. Abréviations : MM = grosses molécules. Les croix dans un rond marquent le maximum de dimension des vertébrés et des invertébrés.

Dans un intervalle encore plus étroit, entre I A° et 10^{4} A° se différencient les deux catégories de molécules qui interviendront les unes dans la chimie minérale, les autres dans la chimie organique, entre 10^2 A° et 10^3 A°, les macromolécules passent, par l'intermédiaire des virus, aux êtres vivants. Les microcristaux avec leur structure réticulaire deviennent des cristaux macroscopiques étudiés par le minéralogiste. *Dans cette zone*, entre 10^2 A° et 1 μ *émergent toutes les propriétés macroscopiques de la matière, les corps de la chimie, les phénomènes de la vie et de la physique macroscopique.*

Les êtres vivants les plus complexes, les Vertébrés, ont à l'état adulte, des dimensions limites entre quelques centimètres et quelques mètres. Leurs dimensions maximum et minimum sont fixées par les nécessités de l'*autonomie et de la stabilité des systèmes circulatoire et nerveux internes.* On voit ainsi apparaître une des causes de cette différenciation et de cette limitation d'un niveau d'organisation. Elle n'obéit ni aux principes de simplicité ni aux principes

d'harmonie comme le voudraient certains théoriciens, elle obéirait plutôt aux principes de complications et d'autonomie (individuation).

Dans le monde astronomique, les rayons des planètes du système solaire oscillent entre 1,7 10^8 cm pour la lune, et 66 10^8 cm pour Jupiter. Les étoiles ont des dimensions et des masses préférentielles suivant leurs catégories ainsi que le montrent les courbes statistiques de Danjon et les diagrammes d'Hertzprung-Russel.

C'est ce qu'Eddington exprime en disant que « quand la nature a fait des étoiles, elle a attaché beaucoup d'importance à réaliser le nombre exact de zéros représentant leur masse (10^{28} tonnes). Elle peut laisser passer une étoile avec un zéro de trop ou un zéro de moins, mais ces écarts sont rares et une erreur de deux zéros sur 28 est presque une chose inouïe ». Eddington explique cette limitation scalaire des étoiles par la pression de radiation.

Depuis, de nouvelles catégories d'étoiles étudiées ont montré qu'il y avait un plus grand nombre de variétés stellaires. Les calculs des spécialistes en cosmologie et notamment ceux de Jeans et Gamow montrent que, dans un univers homogène en expansion, la dimension à partir de laquelle se condensent les galaxies gazeuses est déterminée par le potentiel de gravité en surface. Ce dernier doit être supérieur à l'énergie d'agitation thermique des gaz. Dans le cas considéré, les gaz galactiques s'échapperont du champ de gravité pour les rayons limites r et les masses limites m suivantes :

$$r \geq 4{,}4.\ 10^7 \sqrt{\frac{\text{température}}{\text{densité}}} \text{ centimètres}$$

$$m \geq 3{,}9.\ 10^{22} \sqrt{\frac{\text{température}^3}{\text{densité}}} \text{ grammes}$$

Dans ces conditions, la masse doit être supérieure à 10^{40} grammes pour permettre la formation d'une galaxie gazeuse, mais une fois la protogalaxie différenciée, ce seront des phénomènes *tourbillonnaires intragalactiques* qui sépareront les unités plus condensées (nébuleuses, étoiles et planètes). Le morcellement est alors dû à des phénomènes de turbulence séparant des « bulles » de matière.

Comparons la limitation de la dimension des étoiles et planètes dans le milieu fluide de la nébuleuse, au cas des cristaux. Dans le premier cas, où le milieu est un gaz raréfié, la différenciation dure des dizaines de millions d'années et la turbulence est due à la rotation galactique : c'est un *déséquilibre gravitationnel*. Dans les cristaux, le phénomène est de l'ordre de la journée. La turbulence est due à l'inégalité des gradients de concentration et de diffusion autour du cristal : c'est un *déséquilibre diffusif*.

Ainsi l'origine initiale des niveaux d'organisation est dans tous les cas, liée au niveau phénoménal ; rotation pour les protogalaxies, attraction des poussières cosmiques pour les protoplanètes, variation locale de la saturation au voisinage des germes cristallins dans les cristaux, autonomie des vertébrés, niveaux de potentiel des atomes, etc. Ces phénomènes différents entraînent des *dimensions limites* définissant le niveau d'organisation.

7°) Structure de la matière stellaire et planétaire

Les niveaux d'organisation qui nous apparaissent les plus complexes sont ceux qui sont au voisinage des dimensions humaines, entre l'angström et le mètre. Cette complexité est-elle due à une plus grande faculté d'observation ? Il semble plutôt que l'on doive évoquer les conditions thermodynamiques et atomiques régnant à la surface des planètes.

Les étoiles contractées de la catégorie du soleil (série principale d'Hertzprung et Russel) ont toutes des températures *centrales* voisines de 20 millions de degrés, que l'étoile soit pâle ou brillante. Ces hautes températures prévues par les calculs de l'astrophysicien anglais Eddington et de ses successeurs ont pour résultats « d'éliminer les différences existant entre les diverses espèces de matière », c'est pourquoi la structure d'une étoile devient un problème physique d'une simplicité inaccoutumée... C'est aux basses températures, celles auxquelles nous avons affaire sur la terre, que la matière commence à avoir des propriétés aussi fâcheuses que compliquées. Les atomes stellaires sont des sauvages nus, ignorant les distinctions de classes de nos atomes terrestres revêtus de tous leurs atours. Eddington ajoute avec humour : « C'est sur la terre que les plus étranges complications peuvent se produire, peut-être le plus étrange de tout est que quelques-unes de ces complexités peuvent tenir des assemblées et spéculer sur la signification du plan général ».

Même si l'on admet, avec Eddington, que les complications du monde solaire représentent des anomalies dans le monde stellaire, et ne sont réalisées que sur les planètes offrant des températures extérieures inférieures à 500°, l'homme n'en est pas moins au cœur de ces complications. Or, les sciences sont établies par l'homme en utilisant des instruments ou des systèmes dont les propriétés sont celles de la Physique à échelle humaine. C'est à travers la physique terrestre que l'on étudie la Physique des petites dimensions et la mégaphysique. Il en résulte des nécessités méthodologiques humaines qui peuvent se traduire par deux séries de faits :

1°) Chaque niveau d'organisation scalaire est analysé et défini par l'intermédiaire des phénomènes dominants à son échelle et grâce aux caractéristiques phénoménales qui lui sont propres.

2°) Un objet peut apparaître comme un individu scalaire distinct si le phénomène qui sert à l'observation appartient au même niveau scalaire. Au contraire, si le phénomène servant à l'examen ou à la mesure appartient à un niveau supérieur au point de vue dimension, l'individu n'intervient plus que d'une façon statistique et non individuelle. Ce n'est plus un individu mais une *particule anonyme*. Ainsi, le déterminisme et l'indéterminisme, l'aspect aléatoire ou non, dépendrait de la dimension relative du phénomène et de l'objet examiné.

A) L'individu scalaire examiné par un observateur de même dimension que lui-même est défini par trois éléments :

a) l'individu scalaire est une *donnée immédiate* fournie par l'expérience scientifique ;

b) l'individu scalaire forme *un tout* présentant une unité et une cohérence suffisante, permettant de le concevoir comme une seule chose ;

c) l'individu scalaire a des *caractères permanents* plus ou moins propres à son espèce qui permettent de la reconnaître au milieu des autres pour un observateur placé au même niveau d'organisation que lui.

B) L'individu scalaire vu de l'*intérieur* par un observateur plus petit que lui ou au moyen d'un phénomène de plus petite dimension apparaît comme un *système complexe*, formé d'objets définis. Par exemple, un Vertébré vu par une bactérie ou au microscope, apparaît comme un « système de cellules » groupées en sous-système qui sont les organes.

C) Un individu scalaire examiné de *l'extérieur* au moyen de phénomènes de plus grande dimension que lui, devient un « objet quelconque ». C'est un élément statistique. Seuls quelques caractères communs à tous ces objets se dégagent de la masse impersonnelle des individus de même catégorie. On n'enregistre que les effets statistiques.

Par exemple, avec la lumière visible, de l'ordre du $\mu = 10^{-4}$, la maille du réseau cristallin de l'ordre de l'A° (10^{-8} cm) ne donne qu'un effet statistique. Pour les rayons X de dimensions de l'angström (A°), le même milieu apparaît comme discontinu.

Si l'on examine un grain de sable isolé sur le fond d'un chenal expérimental, il obéira à des lois de la mécanique classique, relati-

vement simples. Pour le grain de sable inclus dans un banc de sable, le grain devient un élément aléatoire soumis au calcul des probabilités.

En s'élevant du niveau d'organisation du cristal à celui du banc de sable, on change complètement de niveau phénoménologique. On passe du cristal dont les propriétés peuvent être déduites des théories de la microphysique aux phénomènes géonomiques des marées et des climats, soumis aux influences d'ordre astronomique. Ainsi au niveau du grain de sable, se manifeste l'articulation entre les deux grandes séries de phénomènes de l'univers : les phénomènes de la microphysique et ceux de la mégaphysique.

8°) Epistémologie de l'Individu corpuscule

L'objet d'une certaine dimension est donc à la fois un ensemble, un sur-ensemble et un sous-ensemble. Il peut difficilement être traité comme une particule unique, car il représente un ensemble de particules plus élémentaires que lui. Les problèmes des ensembles de particules élémentaires ont été étudiés par M. de Broglie, qui a montré comment l'on pouvait passer de la fonction qui est celle de la physique de la particule unique mais non distincte, à un ensemble de particules physiques, par la superquantification. Il remplace la fonction d'onde statistique ψ d'un seul corpuscule par la fonction ψ (x, y, z, t) valable pour n particules dans l'espace physique. On peut alors se demander si cette opération de « *superquantification* », effectuée pour le passage de la microphysique particulaire à la physique à échelle moléculaire, peut être transposée pour les problèmes posés par le passage du niveau à échelle du centimètre, aux autres niveaux successifs de la mégaphysique de 10^n cm.

Pour passer des niveaux scalaires inférieurs aux niveaux supérieurs cosmiques, on rencontrera p « niveaux d'organisations scalaires » distincts. On devrait alors *répéter p fois des opérations analogues à la superquantification broglienne.* Une telle cascade de calculs de probabilités superposées, suscite alors des problèmes mathématiques ardus dont la solution, si on parvient à écrire les équations, exigera peut-être l'utilisation de cerveaux électroniques.

Mais la situation est encore plus compliquée si on envisage un temps suffisamment long pour que l'ensemble représenté par l'individu varie dans le temps et dans l'espace. Si en se modifiant, il présentait une certaine constance, on pourrait le traiter dans les champs de phénomènes continus, comme une « singularité mobile » pour employer une expression de M. de Broglie.

Même si l'on pouvait considérer ainsi, arbitrairement, l'individu comme un corpuscule homogène, on se trouverait devant des problèmes analogues à ceux qui ont été posés par la dualité onde-corpuscule pour les particules élémentaires de la matière. On sait combien les physiciens sont encore actuellement divisés sur les solutions nécessaires pour rendre cohérente et homogène cette dualité. Les travaux les plus récents de M. L. de Broglie montrent la nécessité d'une « *double solution* » avec deux fonctions ondes associées, les ondes ψ et u, notamment pour expliquer l'expérience des trous d'Young. Elle serait aussi conforme aux données de la Physique que la solution purement probabiliste de Bohr et Heisenberg.

« Un train d'ondes u, constituant un corpuscule au sens *large* du mot, serait une sorte d'unité étendue et organisée, un peu analogue à une « cellule » dans l'acceptation biologique du terme. Il comprendrait, en effet, essentiellement les trois parties suivantes :

» 1°) une sorte de noyau, la région singulière, le corpuscule au sens *étroit* du mot, siège de phénomènes essentiellement non linéaires ;

» 2°) une région environnante étendue, siège d'un phénomène sensiblement linéaire ;

» 3°) une enveloppe constituant les bords du train d'ondes où la non-linéaire jouerait peut-être à nouveau rôle important. Or, ce me semble être l'intervention des phénomènes non linéaires qui donnerait à cette « cellule » son unité, sa solidarité et la permanence. » (L. de Broglie).

Cette remarquable description structurale de M. L. de Broglie, du corpuscule le plus élémentaire, montre que les problèmes individuologiques de la microphysique, peuvent avoir d'intéressantes analogies avec ceux de la macrophysique et de la mégaphysique. Chaque fois que l'on peut analyser avec suffisamment de précision et de rigueur les phénomènes naturels, quel que soit leur niveau scalaire, on trouverait les mêmes difficultés fondamentales pour représenter le réel concret discontinu par les équations de la Physique mathématique, postulant un continu.

Une analyse fine des phénomènes géologiques montre que même dans les cas les plus simples, l'interprétation probabiliste est très délicate quand on veut passer de l'individu au sur-ensemble qui le contient, si l'on considère le phénomène à la fois dans le temps et dans l'espace. C'est le cas notamment des interactions des grains de sable dans un banc de sable, même dans le cas le plus simple (Einstein), ou l'équilibre entre des prédateurs et des proies dans

un milieu clos (Voltérra). Nous ne développerons pas ces questions dans ce court article ; elles seront examinées dans un mémoire en préparation.

Nous examinerons ici, toutefois, un autre cas important, celui des phénomènes stellaires à haute température. En effet, dans une explosion ou un cycle nucléaire à échelle astronomique, il ne paraît pas exister de niveau organisé intermédiaire entre le niveau de l'atome 10^{-8} cm et le niveau cosmique 10^{12} cm. Dans un tel cas qui est celui admis par l'astrophysique, les calculs sont simplifiés. On admet que ce « court-circuit » se produit constamment dans les étoiles à hautes températures, où les processus thermonucléaires comme les cycles de Crichtfeld (2H → He + e) et de Bethe :

$$4^1_1 \mathrm{H} \rightarrow {}^4_2 \mathrm{He} + 2^0_1 \Sigma + \mathrm{Me\,V}$$

seraient évidemment beaucoup plus simples que les processus complexes terrestre et planétaire.

Si on analyse finement la structure d'une étoile rapprochée comme le soleil avec des photos spectrales, on voit apparaître des niveaux organisés, fugitifs, comme les différentes enveloppes, les macules, les protubérances, etc... On peut se demander si l'extrême simplicité stellaire n'est pas due, parfois, au manque de finesse de nos connaissances.

9°) Les trois types d'associations matérielles de l'Univers et leurs épistémologies.

En tenant compte du réel terrestre et de ce que nous connaissons du cosmos, le monde de la matière présenterait 3 types principaux d'associations distinctes (fig. 1 et 2) :

a) les *associations stellaires à haute température* où les réactions nucléaires à l'échelle de l'atome sont reliées directement aux phénomènes à échelle stellaire sans présenter ces points singuliers stables (les individus) qui séparent les niveaux d'organisation terrestre ;

b) les *associations planétaires minérales* qui présentent plusieurs niveaux d'organisation à basse température, depuis les atomes, les molécules et les micelles, les cristaux, les roches, etc... ;

c) les *associations biologiques dont la série* offre le maximum de complexité, d'organisation et d'individuation.

Nous avons vu que la présence de plusieurs niveaux d'organisation obligeait à répéter pour le monde minéral terrestre, un certain nombre de fois, les opérations déjà difficiles et délicates qui ont fait l'objet des travaux sur la microphysique, en y introduisant

des paramètres qui n'ont pas encore pu être définis rigoureusement. D'autres éléments encore inconnus interviendront probablement au cours des recherches futures surtout quand il s'agira d'associations biologiques.

On a cherché par la cybernétique et la théorie de l'information, à ramener au cas de machines simples les associations biologiques classiques. Mais, ainsi que l'ont souligné Léon Brillouin et L. de Broglie : « Si nous parvenons un jour à mieux comprendre la véritable nature, encore si mystérieuse, de la Vie, ce ne pourra être que quand nous aurons acquis la connaissance de nouvelles lois de la nature et quand nous serons parvenus à des points de vue et à des manières de penser dont notre intelligence ne dispose pas encore ».

Dans ces conditions, trois tendances se manifestent pour utiliser les données déjà connues ou essayer d'en obtenir de nouvelles. Dans la première, que l'on peut qualifier « *d'attitude du clinicien* », l'individu est considéré sous sa forme *globale* avec toutes les caractéristiques qui lui sont liées. Même en tenant compte de toutes les données obtenues expérimentalement et utilisées plus ou moins par les sciences annexes, comme l'Histologie, la Physiologie, la Chimie biologique, etc..., le clinicien doit les ramener au problème de l'individu rigoureusement différencié et défini. Il traite, dans chaque cas, ce problème en utilisant tout son bagage de connaissances acquises, abstraites et empiriques, avec l'intuition du médecin.

Il n'est pas exclu que ces nouvelles manières de concevoir les problèmes cliniques, avec les théories de la cybernétique, de l'information, de l'autorégulation, de l'autocorrélation, etc..., donnent au clinicien des méthodes de pensées qui lui permettent de mieux intégrer toutes les données expérimentales dans une logique de l'hétérogène. Mais le clinicien devra néanmoins faire passer *l'individuologie* avant la phénoménologie. On peut se demander si l'on obtiendra un jour la solution d'un problème médical en introduisant dans un cerveau électronique, les données partielles fournies par les sciences humaines annexes. Il semble bien que pour ce genre d'opérations, la présence du clinicien sera toujours nécessaire, même s'il utilise au maximum toutes les possibilités des sciences mathématiques et physico-chimiques.

L'attitude la plus éloignée de celle du clinicien est celle du logisticien qui n'envisage même pas l'empirisme phénoménologique, mais simplement les opérations et les symboles qui interviennent dans les raisonnements mathématiques. Le logisticien et l'axiomatiste espèrent ainsi se libérer de toutes contingences et atteindre une vérité indépendante des structures matérielles.

Cet espoir est un puissant moteur pour ces recherches abstraites si difficiles. Il ne doit pas cacher que les travaux d'axiomatisation, évidemment indispensables pour le contrôle rationnel de toutes les autres opérations, ne suffisent pas à remplacer la prise de contact directe avec le réel. En effet, les Sciences de la Matière cherchent intuitivement à être adéquates au réel perçu.

C'est pourquoi les deux tendances du clinicien et du logisticien qui représentent les deux pôles extrêmes de la pensée scientifique, s'affrontent généralement en une multiplicté mouvante de dialectiques reliant la physique mathématique à la médecine. Ce réseau rationnel enserre la complexité du concret comme une infinité de tangentes délimite une surface réelle. Or les fonctions perdent leur linéarité et même leur continuité, au voisinage de ces points singuliers du réel qui correspondent aux individus.

Pour cette raison, la part de l'individuologie scalaire est nécessairement plus grande chez le naturaliste et le chimiste, tandis que la phénoménologie des champs continus peut dominer chez le physicien. Comme l'ont montré les paragraphes précédents, ces tendances ne s'excluent pas nécessairement, elles peuvent se combiner dialectiquement en des synthèses rationnelles.

Les réactions nucléaires et le monde stellaire, où elles se produisent normalement, représentent le domaine, peu structuré, où la phénoménologie des champs et les axiomatiques les plus abstraites peuvent être utilisées avec succès. Les théories unitaires de Jordan-Thiry et d'Einstein-Schrödinger y trouvent leur application. Ces domaines si adaptés à la haute abstraction mathématique, sont limités par la structure individuelle des particules élémentaires de la matière, singularités mobiles de L. de Broglie (voir p. 163), qui gênent la cohérence et l'adéquation des théories de la physique mathématique.

Au pôle le plus complexe de la Science de la matière, dans le domaine des associations biologiques, les problèmes réels ne peuvent pas être traités avec l'axiomatique abstraite du continu homogène. Même la phénoménologie corpusculaire (mécanique ondulatoire), valable pour les atomes simples, peut ne plus suffire pour la prévision des phénomènes biologiques. En effet, pour des degrés d'organisation élevés, l'existence de plusieurs niveaux aléatoires, avec leurs impératifs méthodologiques de probabilité et de superquantification rendent inopérantes les logiques simples et univoques.

L'existence d'au moins trois types d'associations scalaires différentes pose donc des problèmes épistémologiques importants, car les opérations de probabilité et de superquantification ne sont pas les mêmes dans les trois cas.

10°) La structure de l'espace-temps planétaire

Les niveaux d'organisation que nous avons définis sans faire intervenir le temps, ne suffisant pas à donner une image complète du réel, car les objets et les individus ont des évolutions en fonction du temps.

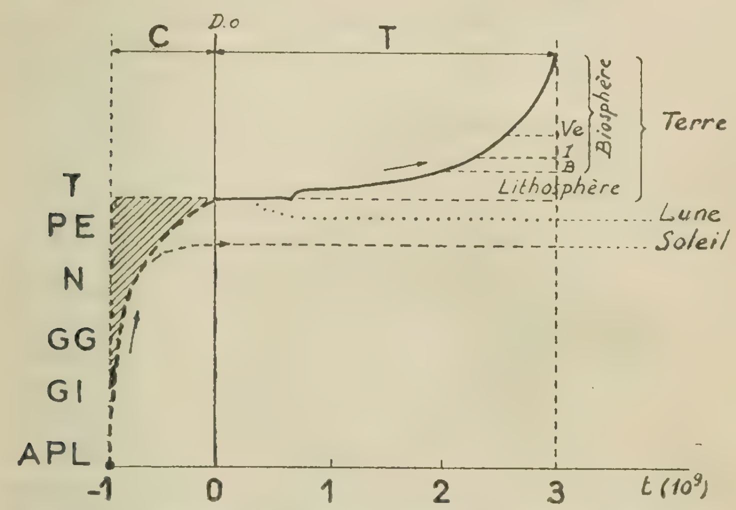


Fig. 3. — Evolution des objets astronomiques et terrestres dans le cas de l'hypothèse de l'atome primitif de Lemaître (A. P. L.).

En ordonnées : degré d'organisation et de complication.

En abscisses : le temps en milliards d'années. Le point origine des temps (O) coïncide avec la formation de la terre, quelles que soient les théories sur l'origine de celle-ci. Les temps portés en abcisses sont ceux de la chronologie cosmologique courte. Il n'est pas exclu qu'il soit nécessaire de les augmenter après les dernières découvertes de l'Astronomie ; mais les grandeurs relatives d'une grande partie du diagramme seront sensiblement respectées.

Abréviations : C = temps cosmique antérieur à la formation de la Terre ; T = temps depuis la formation de la Terre ; B = bactéries ; I = invertébrés ; V = vertébrés. La partie hachurée correspond au temps nécessaire pour l'organisation de l'ensemble du cosmos avant l'apparition de la terre dans l'hypothèse de Lemaître et le calcul de Fermi.

On pourrait se demander si les structures introduites par le facteur temps, sont d'une façon générale, indépendantes de celles que nous avons précisées d'après les données purement spatiales. Il semble que les dimensions temporelles sont liées aux dimensions spatiales pour les grands phénomènes d'ensemble par des corrélations fondamentales.

C'est ainsi que la formation de la plus grande partie des éléments atomiques de l'univers, à partir d'un amas initial de neutrons,

aurait duré un temps très court au point de vue géologique. D'après Fermi, il *aurait suffi d'une demi-heure pour réaliser le stock d'atomes légers* (H, He) de l'Univers. La différenciation initiale du protosoleil et des protoplanètes, à partir d'une galaxie gazeuse,

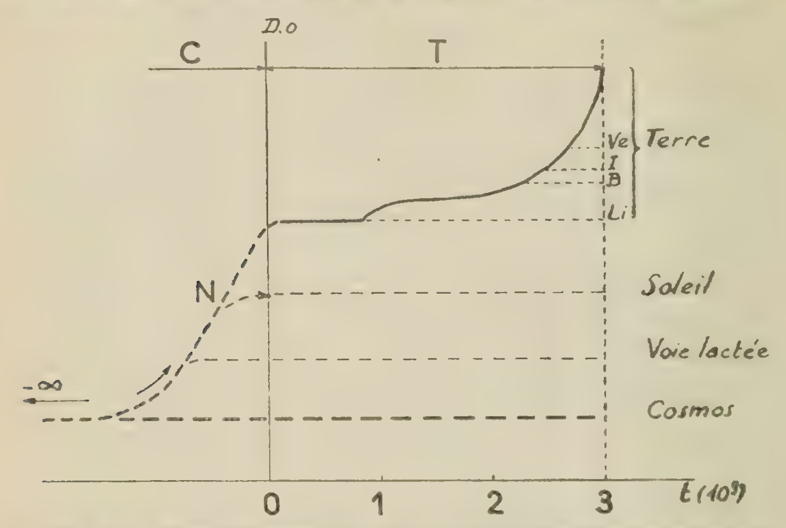


Fig. 4. — Même diagramme que pour la figure 2, d'après les hypothèses d'un cosmos stable, de Bondi, Hoyle, Vorontzoff-Velyaminof, qui admettent la formation continue des objets astronomiques. L'origine du cosmos est reportée à l'infini. Le reste du diagramme à partir du temps 0 n'est pas modifié. N = nébuleuse primitive solaire. Les autres abréviations correspondent à celles de la fig. 3.

serait de l'ordre de quelques dizaines de millions d'années. L'évolution ultérieure de la Terre et des systèmes complexes qui lui sont liés, aurait demandé 3 milliards d'années pour aboutir aux Vertébrés supérieurs.

Les niveaux d'organisation les plus simples (H, He) occupent une place prépondérante (99 %) dans l'Univers. Mais, par contre, la durée qui a été nécessaire pour la formation du stock d'atomes légers de l'Univers est très petite par rapport à celle exigée pour l'apparition des niveaux d'organisation les plus complexes. Ainsi, *c'est le degré de complexité, et non la masse formée, qui fixe la durée nécessaire* pour qu'une catégorie d'individus apparaisse dans l'écoulement temporel de l'Univers. De cette observation, on peut tirer deux conséquences méthodologiques :

1°) La probabilité d'apparition des organisations complexes étant beaucoup plus faible que celle des niveaux d'organisation

simple, la *corrélation* ainsi mise en évidence, *entre la durée d'évolution et le degré d'organisation, ne serait-elle pas liée par un phénomène de probabilité ? En effet, les niveaux les plus complexes pourraient apparaître comme les « fluctuations d'espèce très rare » dans une série aléatoire.* (de Ch. E. Guye)

2°) La Terre représente, par la durée de son évolution, et par la série complète de ses structures, un *étalon de temps* fondamental. Son histoire peut donc fournir des repères très importants pour l'évolution de l'Univers.

Nous allons essayer de préciser comment cét étalon de temps se situe par rapport au temps cosmique des relativistes. Les travaux les plus récents sur le Temps cosmique sont ceux de Milne. Avec le temps cinématique de cet auteur et un espace euclidien, l'univers est en expansion. Les spécialistes de la Cosmologie ont tiré des conséquences très différentes de cette théorie de l'expansion. Mais les données essentielles ne sont que peu modifiées à l'échelle planétaire, par les cosmologies choisies *a priori*. Ainsi à l'échelle du système solaire, le temps réel cinématique peut être défini par l'ordre des événements à l'intérieur du système solaire, et. par suite, par l'histoire de la Terre (fig. 3, 4 et 5).

Pour étalonner ces événements terrestres, il faut utiliser des phénomènes dont la vitesse d'évolution soit sensiblement constante. Or la durée des *désintégrations radioactives reste constante pour le temps cinématique de Milne.* L'échelle cinématique de Milne est relativiste au point de vue des dimensions spatiales, mais, pour le système solaire et les temps géologiques, les variations d'unités spatiales sont méthodologiquement négligeables.

Les théories unitaires relativistes relient en un ensemble unique, l'espace, le temps, la matière, l'énergie et la gravitation. La gravitation peut être considérée comme une attraction entre deux quantités d'énergie. L'énergie est représentée, aussi bien par une masse de matière immobile, que par une énergie cinétique.

Les théories unitaires satisfont ainsi une des tendances essentielles de la raison humaine qui est la recherche de l'Unité.

Pour les corpuscules de la microphysique, les vitesses peuvent devenir très grandes d'où grande énergie cinétique. De même, des masses considérables, comme celles des galaxies représentent 10^{15} de celles de la Terre. Dans les deux derniers cas, les principes de relativité interviennent quantitativement dans les calculs.

Pour les milieux structurés du type planétaire, les objets ont des vitesses éloignées de celle de la lumière et les masses y sont de

l'ordre de grandeur de celles de la terre 6.10^{27} gr. Dans ce cas, les corrections dues à la relativité sont pratiquement négligeables par rapport aux propriétés scalaires liées aux objets. Le bel édifice relativiste n'en reste pas moins valable au point de vue théorique dans ce domaine.

Ces formules unitaires, rassurantes pour l'esprit rationnel, se superposent ainsi comme un filigrane sur les motifs complexes du monde planétaire où les phénomènes liés aux structures et aux objets, jouent un rôle dominant.

La Cosmologie d'Einstein suppose que la densité moyenne de l'Univers est constante. Celle de Sitter admet que la densité moyenne est nulle. La Cosmologie cinématique de Milne s'appuie sur l'existence de particules ponctuelles et d' « observateurs-particules équivalentes », c'est-à-dire décrivant de la même manière le système entier.

Or, dans le monde planétaire, l'apparition de niveaux aléatoires à la limite de chaque science spatiale particulière et l'influence des dimensions de la particule observée constituent ce que l'on pourrait appeler un « *élément scalaire* » lié aux structures.

Si l'on accepte l'existence évidente dans l'univers d'individus ayant une dimension déterminée, et de particules individuelles libres avec une vitesse quelconque, on est obligé d'admettre un élément scalaire d'ordre statistique. Milne introduit alors, en plus de ses « observateurs-particules équivalentes », une fonction aléatoire donnant le nombre de particules présentes dans chaque volume ainsi que les répartitions de leur vitesse. Une telle nécessité a conduit Milne à transformer sa « cosmologie cinématique » en « cosmologie statistique ». On a là une opération de « quantification-probabilité » analogue à celle de la Mécanique ondulatoire de Louis de Broglie.

La Microphysique discontinue des atomistes avec l' « onde corpuscule » pourrait peut-être être reliée avec la mégaphysique des cosmologistes. Mais la cohérence relative ainsi obtenue paraît s'accompagner de l'abandon au moins axiomatique de certains modes de raisonnement univoque. Autrement dit, l' « onde-corpuscule » de Louis de Broglie, l' « observateur-particule libre » de Milne et la notion d'« individu-corpuscule » que nous avons développé (p. 17), font apparaître un élément dialectique ou une « double solution », à la base de tout système comprenant un observateur de la matière réelle et des individus discontinus.

Ainsi, les impératifs axiomatiques de toute science de la matière discontinue, se distinguent des axiomes des Cosmologies du type

Einstein, de Sitter, par l'apparition d'un « principe scalaire » qui ne paraît pas avoir été admis jusqu'à présent par les cosmologistes. Il devient alors nécessaire pour réunir en un même ensemble la Microphysique et la Mégaphysique par le lien de la Géonomie, d'admettre à la fois *un double principe, l'un cinématique pour l'aspect continu des phénomènes, et l'autre scalaire et statistique pour les objets discontinus.*

Les phénomènes géonomiques, à la jonction des micro et mégaphysiques ne peuvent pas s'exprimer, mathématiquement, par des relations et des correspondances univoques.

Ayant ainsi précisé les caractères de l'espace-temps planétaire, nous allons examiner la structure de l'évolution géologique.

Au concept de temps est lié celui d'*évolution*. L'*écoulement* du temps provoque la formation de catégories temporo-spatiales, prolongeant, dans l'espace à quatre dimensions, les catégories spatiales existant à un moment donné dans l'espace à trois dimensions. D'une façon générale, chacune des catégories temporo-spatiales du cosmos débute par un stade initial. Les *événements initiaux ont une action prédominante, puisqu'ils commandent ceux qui leur succèdent.*

Par exemple, si l'on admet la théorie de l'abbé Lemaître, l'explosion de l'étoile-atome primitive (APL, fig. 3 et 4) et son expansion sera l'événement initial (universel n° 1) dont dépendront les autres, qui suivront au cours de l'expansion de l'univers.

Nous nous limiterons, ici, à l'évolution et aux événements du système solaire. Celui-ci s'est d'abord séparé de la protogalaxie sous forme d'une nébuleuse N (c'est l'événement solaire n° 1). Puis l'action gravifique d'une étoile étrangère, où les tourbillons normaux existant à l'intérieur d'une nébuleuse en rotation, ont fait apparaître, à l'intérieur de la nébuleuse solaire primitive, les condensations secondaires qui seront à l'origine des planètes (événement solaire n° 2).

A partir du moment où la terre a été formée ainsi par séparation du protosoleil, ou par agglomération de poussières cosmiques (Weiszacker et Kuiper), son évolution a été en partie indépendante. A l'intérieur de cette évolution globale terrestre, des discontinuités temporelles de troisième catégorie fournissent des repères dans l'écoulement du temps. Les unes sont de l'ordre du milliard d'années 10^9 ans, tel l'accroissement continu de la lithosphère et de la matière organique (fig. 3). Les autres de l'ordre de 10^7 à 10^8 années (4e catégorie), tels les cycles orogéniques. Les phénomènes géologiques quaternaires supérieurs ont des durées de l'ordre

de 10^5 années (5e catégorie). C'est généralement en partant de ces données fournies par l'étude du Quaternaire, que le géologue essaie d'interpréter les phénomènes plus anciens.

La matière organique en expansion sous forme de macromolécules depuis 10^9 années (biosphère), paraît suivre un loi d'augmentation d'allure exponentielle.

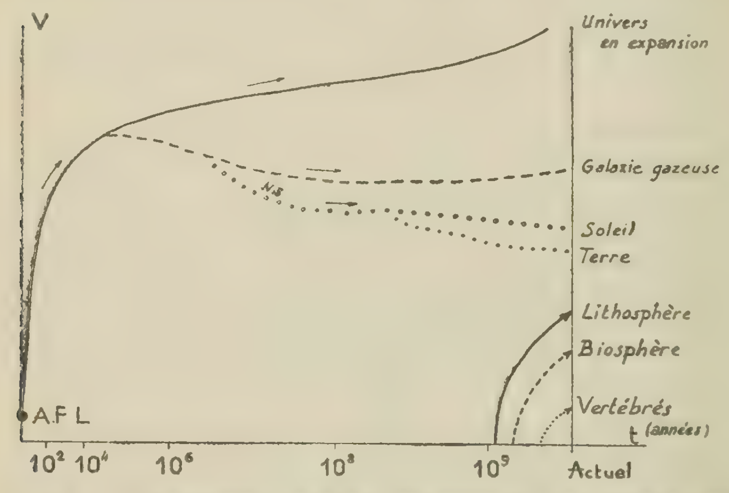


Fig. 5. — Emboîtement (inclusion) temporo-spatiale des différents objets (ensembles) terrestres et astronomiques présentés dans les fig. 3 et 4. En abscisses : temps suivant une échelle logarithmique non décimale. En ordonnées : volume (échelle logarithmique) de chacun des objets par rapport au temps origine. Le temps actuel représente environ 4 milliards d'années par rapport à A. P. L., comme dans la fig. 3. NS = nébuleuse solaire en cours de contraction ; A. P. L. = atome primitif de Lemaître.

A l'intérieur de la biosphère formant un système à échelle terrestre, les sous-systèmes d'êtres vivants (embranchements, ordres, familles, etc.) ont subi des évolutions complexes, avec maxima et minima. C'est ainsi que les Vertébrés représentant l'expansion d'un type primitif apparu il y a $3{,}10^8$ années. A l'intérieur de l'embranchement des vertébrés, l'espèce humaine, évoluant depuis 10^6 ans, s'est accrue suivant une courbe d'allure exponentielle.

Ces quelques chiffres sont destinés à montrer l'allure des emboîtements successifs des sous-systèmes temporo-spatiaux de la biosphère (fig. 5), mais ainsi que l'a souligné M. Piveteau, (Traité T. I, p. II) : « Pour les êtres vivants, les organisations animales ne sont point le résultat d'agencements accidentels et capricieux ; elles se rattachent les unes aux autres suivant un ordre *déterminé et*

hiérarchisé. Autrement dit, de même qu'il y a corrélation entre les organes d'un même individu, il y a corrélation entre les individus d'une même série, corrélation entre les structures successives. »

Cette remarque est valable pour d'autres objets matériels que ceux représentés par les êtres vivants. On pourra sans doute, mais avec moins de netteté, définir de même l'évolution de systèmes temporo-spatiaux, tels que ceux des minéraux, des roches, des unités paléogéographiques, volcaniques. Ces systèmes sont inclus dans le système Terre dont l'évolution est d'environ 3.10^9 années (fig. 5).

Classification des Sciences spatiales de la Matière

Dimensions linéaires (en centimètres)	Objet	Sciences
	1) Tronc commun	
10^{-16} à 10^{-12}	Noyaux	Physique nucléaire
10^{-10} à 10^{-8}	Atomes	Physique atomique
10^{-8} à 10^{-5}	Molécules	Chimie physique
	2) Série minérale terrestre	
10^{-5} à 10^{2}	Corps chimiques	Chimie
10^{-5} à 10^{-2}	Micelles	Colloïdologie, macromolécules
10^{-5} à 10^{2}	Cristaux	Minéralogie
10 cm. à 10^{4}	Roches	Pétrographie descriptive
10^{4} à globe terrestre	Massifs éruptifs et bassins sédimentaires	Pétrographie comparée
	3) Série biologique	
10^{-5} à 10^{-3}	Bactéries et virus	Bactériologie
10^{-4} à 10^{-1}	Protistes	Protistologie
10^{-3} à 1 cm.	Cellules	Cytologie
10^{-1} à 10^{2}	Tissus	Histologie
10^{-1} à 10^{3}	Végétaux	Botanique
10^{-1} à 10^{3}	Animaux	Zoologie
10^{2}	Hommes	Anthropologie, médecine, psychologie
10^{3} à 10^{9}	Association êtres vivants	Biogéographie et sociologie
	4) Série géonomique et astronomique	
de 10^{6} à 10^{9}	Globe terrestre	Géochimie (Géonomie)
de 10^{5} à 10^{9}	Globe terrestre	Géophysique (magnétisme, électricité, gravimétrie, séismologie, volcanologie, hydrologie, climatologie) (Géonomie)
de 10^{5} à 10^{9}	Surface de la lithosphère	Morphologie (Géonomie)
de 10^{5} à 10^{9}	Subsurface	Tectonique (Géonomie)
de 10^{5} à 10^{9}	Globe terrestre	Géodésie (Géonomie)
10^{9} (planète) à 10^{n}	Planètes, étoiles, galaxies	Astronomie de position, mécanique céleste, astrophysique (Astronomie)

Classification des Sciences temporo-spatiales de la Matière

Objet	Dimensions linéaires en cm.	Durée	Sciences
	1) Tronc commun		
Noyau atomique	10^{-16} à 10^{-12}	Microseconde	Cinétique nucléaire
Corps chimiques	10^{-7} à 10^{3}	Seconde à semaine	Cinétique chimique
Cristaux	10^{-4} à 10 cm.	Seconde à année	Cristallogénèse
	2) Série biologique		
Etre vivant	10^{-4} à 10^{2}	Seconde à semaine	Biochimie-physiologie
Etre vivant	10^{-2} à 10^{2}	Années à siècles	Génétique
Association	10^{3}à 10^{9}	Années à siècles	Sociologie végétale, animale et humaine
Fossile	10^{-4} à 10^{-2}	10^{3} à 5. 10^{8} années	Paléontologie et paléobiologie
	3) Série géonomique et astronomique		
Atmosphère	Toute la Terre	Mois à années	Météorologie synoptique
Atmosphère (climat)		10^{4} à 10^{9} années	Paléoclimatologie
Océans		10^{4} à 10^{9} années	Paléocéanographie
Croûte terrestre		10^{3} à 10^{9} années	Tectogénèse et tectonophysique
Volcans	12^{2} à 10^{5}	10^{3} à 10^{9} années	Paléovolcanologie
Unités géographiques	10^{5} à 10^{9}	10^{4} à 1,8 10^{9} années	Paléogéographie et paléomorphologie
Globe terrestre	10^{5} à 10^{9}	10^{3} à 1,8 10^{9} années	Géogonie
Cosmos	10^{9} (planètes) à 10 (cosmos) n 10^{18}	p 10^{9} années (p = 1 à 30)	Cosmologie et cosmogonie

11°) Classification scalaire des Sciences de la Matière planétaire

Dans l'espace-temps, ces systèmes emboîtés ou intersectés constituent une hiérarchie analogue à celle plus simple que nous avons définie dans l'espace à 3 dimensions. Chacun de ces systèmes ayant des caractéristiques propres est étudié par des méthodes qui lui sont adéquates. C'est ainsi que se sont constituées, d'une façon spontanée, les Sciences particulières de la matière par *adaptation empirique à la structure scalaire du réel concret*. Nous les classerons donc en fonction de leur dimension d'espace et de temps.

Conclusions.

La théorie électromagnétique de Maxwell, les théories unitaires relativistes reliant l'espace, le temps, la masse, l'énergie et la gravitation, satisfont le désir d'unité de la raison humaine. Elles ne

suffisent pas à expliquer à elles seules les objets et structures matérielles de notre espace planétaire. Dans ce domaine, l'objet discontinu et les phénomènes qui lui sont liés jouent un rôle prépondérant.

En face de la *phénoménologie unitaire*, on doit, pour avoir une vue complète du réel et l'expliquer scientifiquement, constituer une *individuologie rationnelle*. Une telle théorie met en évidence les liaisons impératives des méthodologies de chacune des disciplines spéciales énumérées dans les tableaux des p. 28-29 avec les objets qu'elles étudient. Il deviendra ainsi possible de fixer l'équivalence, l'ordre, l'appartenance et la hiérarchie des ensembles réels ainsi que les méthodes qui leur sont liées. Ainsi se pose le problème général des *limites d'application des méthodes scientifiques* avec comme corrollaire le problème des *incertitudes méthodologiques*.

En faisant un inventaire axiomatique de toutes les sciences de la matière, nous avons simplement essayé de poser correctement ces problèmes.

Les difficultés qui existent pour mathématiser ainsi le réel a ralenti la progression des théories unitaires. L'épistémologie comparative du réel complexe et les liaisons intersciences pourront peut-être fournir des fils directeurs dans ce dédale des objets et phénomènes naturels.

De nouveaux édifices mathématiques, où le calcul des probabilités, les méthodes statistiques, la théorie des ensembles, les calculs opérationnels joueront un grand rôle, permettront peut-être d'apporter des solutions cohérentes à ces problèmes de la Matière planétaire.

Louis Glangeaud.

Remerciements

Avec les modestes moyens dont je dispose, je n'aurais pas eu le courage d'entreprendre un inventaire aussi vaste, si je n'avais trouvé un appui moral et de bienveillants conseils auprès de nombreux collègues. Je remercie particulièrement MM. les Professeurs Barrabé, L. de Broglie, Danjon, Piveteau, Prenant, Pruvost, Thiry, Trillat, Vergez. J'ai eu en outre de nombreux entretiens avec M. Bouligand, Président du Comité de Direction de la *Revue Générale des Sciences*, qui a bien voulu accepter ce texte dans sa revue. Il a suggéré des modifications judicieuses.

Le Doyen Léon BINET

Président de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences pour 1955

L'Association Française pour l'Avancement des Sciences est présidée cette année par le professeur Léon Binet, Membre de l'Institut, doyen de la Faculté de Médecine de Paris.

Ce fut une étonnante carrière que celle de ce grand physiologiste, de ce grand médecin qui s'est révélé aussi un grand administrateur.

Gravissant allègrement tous les degrés, il était à 32 ans, agrégé à 34, Médecin des Hôpitaux, à 40, professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris, à 47, membre de l'Académie de Médecine, à 50, membre de l'Institut. Il est, depuis neuf ans, doyen de notre Faculté de Médecine.

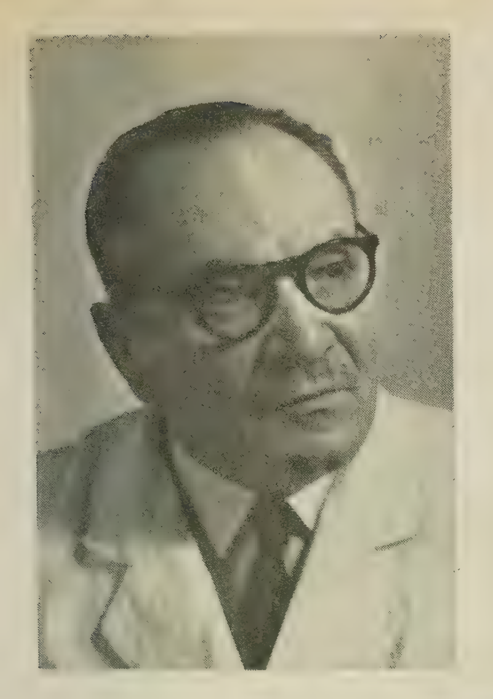
Cette brillante réussite, il la doit à son inlassable activité, à son travail acharné, à son opiniâtreté dans l'effort, à son intelligence pénétrante.

Elève d'Achard et de Roger, Léon Binet a su montrer que dans une Faculté de Médecine la physiologie devait être l'auxiliaire de la médecine et de la chirurgie et que médecins et chirurgiens pouvaient faire progresser la science physiologique. Tous ses travaux portent cette marque.

Pour la facilité de l'exposé, on peut les grouper essentiellement sous deux grands chefs : respiration et physiologie du poumon d'une part, intoxication et détoxication d'autre part.

Le problème de l'asphyxie et plus spécialement de l'anoxémie a retenu son attention. Sa thèse de sciences a été consacrée à la polyglobulie asphyxique dont la rate, organe réservoir de globules rouges, est responsable. Il a été conduit à l'étude de l'oxygénothérapie et, avec Mlle Bochet, a mis au point un masque et une tente à oxygène. Ces dispositifs ont permis la réalisation de services d'oxygénothérapie collective et de voitures d'oxygénothérapie. Le problème de la respiration artificielle a été le point de départ de la création d'un poumon d'acier portatif. Tous ces dispositifs sont entrés dans le domaine pratique de la thérapeutique humaine.

Oxygénothérapie et respiration artificielle lui ont permis d'enregistrer des succès importants alors que la partie paraissait perdue. Sa passion, peut-on dire, est de chercher à disputer à la mort

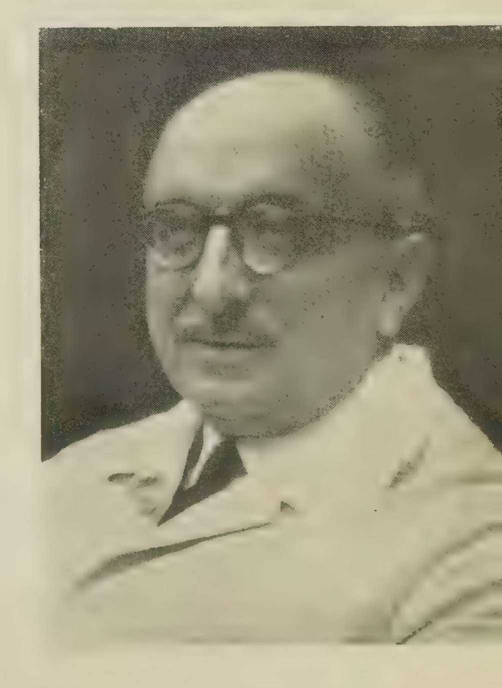


M. le Professeur Léon BINET,

Membre de l'Institut,

Doyen de la Faculté de Médecine de Paris,

Président
de l'Association Française
pour l'Avancement des Sciences
pour 1955.



M. le Professeur René FABRE,

Doyen de la Faculté de Pharmacie de Paris,

Vice-Président de l'A. F. A. S.
pour 1955,

qui vient d'être élu Membre de
l'Académie des Sciences

(voir p. 185).



Raoul DAUTRY
(1880-1951)

(*Voir l'article page* 139).

des cas désespérés. Le médecin ne doit jamais renoncer. Et sa dernière communication avec Strumza à l'Académie de Médecine, le 25 janvier, en est une brillante illustration. Il s'agit de la réanimation d'un chien, après quarante minutes d'interruption totale de la circulation avec arrêt du cœur consécutif à huit minutes de privation d'oxygène avec fibrillation ventriculaire.

Le doyen Léon Binet a réalisé, au laboratoire, l'étude du fonctionnement du poumon isolé de l'organisme, ce qui lui a permis d'analyser le processus de l'œdème pulmonaire.

Avec son maître Roger, il a démontré que le poumon était capable de fixer et de détruire les graisses, lipopexie et lipodiérèse, ce qui l'a conduit à l'étude de la stéatose pulmonaire.

Dans le domaine circulatoire, il s'est attaché à l'exploration des conséquences de l'hémorragie suraiguë et du développement du choc, mettant au point une thérapeutique de réhydratation d'urgence.

Problèmes d'applications thérapeutiques de premier plan, il a conduit de patientes recherches sur l'intoxication par les champignons, par l'oxyde de carbone, par le venin de cobra, par l'hydrogène arsénié. Il a montré le rôle capital du soufre dans la désintoxication et l'importance du glutathion dans l'organisme. Son sérum hyposulfité s'est révélé d'une grande efficacité.

Ses animaux d'expériences n'ont pas été seulement des mammifères, mais il a choisi, suivant l'expression de Portier, ceux qui offrent des particularités intéressantes pour l'étude du problème poursuivi. Il a montré l'intérêt du poisson comme réactif pour l'étude des intoxications et de l'anoxémie.

Il a été ainsi amené à explorer tout le règne animal et une série d'ouvrages nous a montré que ses dons d'observation s'alliaient d'heureuse façon à son sens profond et souvent poétique de la nature.

Orateur et écrivain de classe, réalisateur dans le domaine scientifique, il l'a été aussi comme doyen. Sous sa direction, la Faculté de Médecine de Paris, qui compte à elle seule presque autant d'étudiants que toutes les autres Facultés de France réunies, connaît une prospérité remarquable.

Il a, voici deux ans, achevé d'organiser et inauguré la nouvelle Faculté où, rue des Saints-Pères, sont instruits les étudiants de 1re et de 2e année.

Rappelons que, juste récompense d'une œuvre aussi magnifique, le doyen Léon Binet vient d'être élevé à la haute dignité de Grand Croix dans l'Ordre National de la Légion d'honneur.

J. Verne.

Considérations sur les modifications physico-chimiques des sérums cancéreux

par F. GAUCHARD et J.-H. PAQUELET

Il est hors de doute qu'au cours de la maladie cancéreuse, le sang et les humeurs subissent des modifications profondes, que les prodécés d'analyse employés jusqu'à ce jour, n'ont pas permis d'objectiver dans leur ensemble.

Plusieurs techniques ont été proposées pour déceler *in vitro* la maladie, nous en avons essayé la plupart, et il nous a paru illusoire et dangereux de nous en tenir à un seul test, fut-ce le meilleur, pour porter avec sécurité un diagnostic biologique du cancer. Cependant la pratique de ces tests, bien qu'on ne puisse pas considérer qu'elle nous ait donné satisfaction, n'a pas eu que des résultats négatifs, car elle nous a permis de faire une étude étendue sur de nombreux sérums, provenant de sujets sains et de cancéreux à tous les stades, et en quelque sorte, de commencer un important travail de codification des modifications physico-chimiques au cours des néoplasies.

Nous tenons tout d'abord à faire une place à part aux remarquables travaux du Dr Arthur VERNES, qui a mis au point sa réaction par l'acétate de Cuivre, figurant parmi les meilleurs tests cancérologiques. La mesure de l'opacité résultant de cette floculation cuprique, à l'aide du photomètre qu'il a créé, a permis à l'auteur de jeter les bases de la cancérométrie.

Il faut aussi tenir compte des constantes très généralement mesurées au cours de nombreuses maladies, qui subissent chez les cancéreux des modifications importantes, et peuvent de ce fait apporter de précieux renseignements.

La vitesse de sédimentation, par exemple, est accrue d'une manière constante au cours des périodes évolutives. Nous avons même constaté que son aspect est différent de ce qu'il est au cours cours d'autres maladies, par exemple le rhumatisme articulaire aigu ou la tuberculose. En effet, chez les cancéreux, la vitesse de sédimentation est plus grande dans le premier quart d'heure que dans ceux qui suivent, et cette sédimentation, au lieu de présenter une nette séparation entre les hématies et le plasma, comme dans les autres diathèses, laisse dans la partie supérieure des tubes des traînées globulaires assez longues à se rassembler au sédiment.

De même, si l'on pratique la mesure de la résistance globulaire, on constate qu'il existe chez le cancéreux une dissonance entre la valeur de cette constante qui peut n'être pas modifiée

ou seulement diminuée, et la quantité d'hémoglobine extravasée des hématies dans le plasma, qui est presque toujours infiniment moindre chez le cancéreux que chez le sujet sain.

L'hétérolysinémie, c'est-à-dire le pouvoir agressif du sérum du malade vis-à-vis des hématies étrangères (mouton par exemple) passe par divers stades au cours de la maladie. Cette propriété est une résultante de deux composantes : l'alexinémie ou pouvoir complémentaire, et une sensibilisatrice naturelle, présente dans le sérum.

Pendant la période de début, elle est fortement augmentée, puis elle décroît pour se rapprocher de la norme à la période d'état, elle s'annule enfin à la phase cachectique prémortelle. Par contre, après exérèse ou radiothérapie, elle est fortement accrue, comme d'ailleurs au cours des améliorations spontanées. Il est intéressant de constater que cette propriété est le reflet fidèle de l'autodéfense disponible chez le malade, et par sa mesure, le clinicien peut suivre l'évolution de l'état du malade, et avoir en mains des éléments pronostics intéressants.

Une importante anomalie que l'on rencontre dans le sang des cancéreux est l'augmentation du pH, qui peut être très importante. Dans certains cas le pH atteint des valeurs de 7,65, 7,80, et même quelquefois approche 8.

Les patients qui ont été traités aux rayonx X ou au Radium voient leur pH se déplacer vers la neutralité ou même vers l'acidité, et ce déplacement se maintient aussi longtemps que persiste l'action des rayons ou du corps radioactif. Lorsque cesse cette action, le pH remonte et le sang s'achemine vers l'alcalinité. Nous avons aussi constaté, qu'au cours de dépressions mentales, le pH s'élève vers l'alcalinité.

Cette élévation du pH chez les cancéreux, produite certainement par des perturbations profondes du mécanisme ionorégulateur, entraîne un déplacement du point isoélectrique et du potentiel critique de floculation. On peut ainsi avoir des modifications de l'adsorption micellaire vis-à-vis de certains colorants, qui se fixent plus intensément sur le sérum cancéreux que sur celui qui provient de sujets sains. De même, le sérum cancéreux donne plus facilement des combinaisons iodées insolubles.

Une autre importante propriété que l'on rencontre chez les sérums de cancéreux est l'inhibition du pouvoir anti-enzymatique. Le sérum des néoplasiques s'oppose moins intensément aux réactions fermentaires, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo* : c'est la raison pour laquelle l'activité des phosphatases est accentuée dans le sérum des cancéreux, particulièrement si on les fait agir en milieu acide.

On constate également que le pouvoir antitryptique diminue chez les cancéreux. Si l'on fait agir de la trypsine sur de la

caséine en présence d'un sérum, et que l'on pratique le dosage des amino-acides résultant de la réaction, le taux de ces corps sera plus élevé si le sérum provient d'un néoplasique. De même si l'on fait agir de la tyrosinase sur un sérum, et que l'on évalue à l'aide du paracrésol la quantité du produit hydrolysée, on notera que cette quantité est supérieure si le sérum provient d'un cancéreux.

Nous avons aussi soumis à l'électrophorèse un nombre considérable de sérums de tous ordres, et plus particulièrement de sérums cancéreux. Nous avons constaté que le sérum des néoplasiques est très généralement hypoalbumineux. Cette hypoprotéinémie se passe en deux temps : pendant la première période de la maladie, quand le sujet a encore une certaine vitalité, on assiste à une diminution progressive des gamma-globulines, en particulier dans la zône des gamma-[2] et gamma-[3]. Puis, à mesure que l'état général s'effondre, et que le malade se cachectise, le déficit protéique porte sur les sérines, et on peut aller jusqu'à l'inversion du rapport Sérine/Globuline, alors que les alpha et béta-globulines se désindividualisent et s'indifférencient.

Conséquence de cette hypoprotéinémie, le sérum cancéreux est moins coagulable par la chaleur, comme nous en avons eu la preuve, en provoquant des coagulations en milieu tampon à des dilutions progressives, de sérum ; ou à dilution constante, en mesurant la température minima pour laquelle se fait la coagulation.

Quelles conditions tirer de ces constatations d'ordre physico-chimiques ?

Il est hors de doute que le cancer est une maladie qui affecte profondément l'équilibre et la composition des humeurs. On ne peut évidemment trouver aucun test spécifique dans ce faisceau d'éléments biologiques. Nous connaissons, en effet, des maladies qui provoquent dans le sérum des modifications comparables : par exemple la granulie pulmonaire, la cirrhose hépatique, les maladies produisant de l'ascite ou un œdème important, l'anémie de Biermer, la néphrose lipoïdique, les états cachectiques et toute cause provoquant d'importantes rétentions d'eau.

Nous osons cependant espérer que ces modestes constatations jointes aux conclusions des travaux des chercheurs œuvrant dans toutes les disciplines nous permettront de faire avancer l'importante question du diagnostic et du traitement de la maladie cancéreuse.

F. Gauchard et J.-H. Paquelet.

QUESTIONS D'ENSEIGNEMENT

Par ses études sur des thèmes spécialisés dont les auteurs savent en général dégager le matériel d'idées vraiment essentiel (*en réservant les ramifications plus ou moins complexes, et je les en approuve, à des recueils plus techniques*), *la revue fait déjà œuvre didactique : tâche d'ailleurs inséparable de la recherche. Cependant des articles d'un autre genre nous parviennent. Une nouvelle rubrique sera donc introduite. A ce titre, nous publions aujourd'hui deux notes bien différentes : l'une montre comment, dans un pays voisin, très attentif à l'entraînement des chercheurs, on conçoit l'enseignement des mathématiques. Dans l'autre, on nous parle « examens » ! Nous l'accueillons cependant, car c'est M. Fréchet qui vient y souligner des conditions préalables de la formation « intersciences ». Des notes sur divers sujets, spécialisés en différentes branches, mais typiques, prendront la suite.*

G. Bouligand.

ÉDITORIAL
DU JOURNAL DE LA SOCIETÉ BELGE DE PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES

par W. Servais.

Notre temps marque le début de l'ère mathématique.

Au point de vue théorique, les mathématiques classiques font un inventaire sans cesse plus poussé des propriétés de leurs objets : le nombre et l'étendue.

Dans le prolongement de ces études, plus de deux fois millénaires, s'ouvrent les mathématiques nouvelles, celles des espaces abstraits, de la topologie générale et de l'algèbre moderne. Chacune de ces disciplines laisse indéfinis les êtres mathématiques dont elle s'occupe pour porter son effort sur l'étude des relations entre ces êtres et des propriétés opératoires de ces relations.

Sur le plan concret, les mathématiques continuent, dans une proportion accrue, à fournir l'outillage mental de l'astronome, du physicien et de l'ingénieur. Par delà la physique classique, la relativité d'abord, les quanta et la mécanique ondulatoire ensuite, ont ouvert de vastes domaines à l'activité mathématisante. Le symbolisme mathématique est le seul moyen de compréhension et de prévision qui relie encore l'intelligence humaine aux réalités profondes du monde atomique.

Débordant les sciences de la matière, les mathématiques conquièrent les sciences de la vie et de l'homme.

La statistique et le calcul des probabilités permettent d'introduire en biologie, en sociologie et en psychologie des lois descriptives plus fines et des prévisions mieux fondées. Les sciences économiques, à leur tour, s'organisent en prenant appui sur les mathématiques.

La logique, ce bastion de la raison, hier encore intangible, emprunte aux mathématiques l'outil algébrique et la représentation topologique. De multiples logiques voient le jour qui sont autant d'algèbres particulières.

Bien mieux, les machines à calculer et à penser, robots enfantés par les mathématiques et la technique, exécutent, en les amplifiant, des démarches de l'intelligence humaine.

Du noyau atomique au cosmos, les mathématiques relient ainsi les deux infinis pascaliens et se dressent devant le roseau qui les a pensées. L'emploi des mathématiques dans l'entreprise rationalisante ira en croissant d'une manière sans cesse accélérée.

Ce fait, quels que soient les réactions, les opinions et les jugements qu'il provoque, augmente encore la responsabilité du maître qui, à quelque degré que ce soit, enseigne les mathématiques.

Pour ce maître, il s'agit, certes, de transmettre d'une manière suffisante les mathématiques acquises au prix d'une longue histoire. Histoire mouvementée et palpitante, faite d'espoirs intuitifs, de tâtonnements expérimentaux, d'abstractions sommaires et efficaces, d'échecs décevants et féconds, d'organisation logique puissante.

S'il convient d'être digne d'une tradition mathématique, il importe aussi de permettre la mathématisation à venir. Tant il est vrai que celui qui consacre sa vie à enseigner accepte une mission d'un monde qui passe, pour aider à construire un monde qui naît, la responsabilité envers l'avenir étant plus grande que la fidélité au passé.

Ces élèves, nos élèves, qui, aujourd'hui, travaillent avec nous dans nos classes, seront demain mathématicien, physicien, officier, technicien ou, simplement, les représentants de cent professions où les mathématiques jouent un rôle plus effacé.

Devant chacun de ses élèves, chacun de nous prend, tacitement, la responsabilité de le rendre plus apte à sa tâche sociale et aussi de lui faire connaître les joies intérieures qui naissent d'une meilleure compréhension, d'une action plus heureuse, d'une découverte ou d'une invention.

A coup sûr, il faut bien enseigner les mathématiques à ceux qui en feront un large usage. Mais il est tout autant nécessaire de bien les enseigner aux autres, à ceux qui, dans leur métier d'homme, devront comprendre le monde qui se fait et ne pas être rejetés hors de lui. A chacun il s'agit de révéler l'activité mathématique, forte ou faible, qu'il porte en lui, de l'affermir et de la développer.

Un professeur de mathématiques est animé par la conscience de cette mission.

Notre Société est une manifestation de la conscience collective des professeurs de notre pays et la preuve de la manière dont ils acceptent leur mission et leur responsabilité.

Cette revue entend être un témoignage de notre volonté commune d'améliorer notre enseignement.

A cet effet, il faut, tout d'abord, avoir une idée toujours approfondie et plus claire de l'activité mathématique prise en elle-même. Ce sera le rôle de la première de nos rubriques : « Culture mathématique » que de maintenir la lucidité et la ferveur.

La rubrique suivante sera consacrée à une meilleure connaissance de nos élèves, condition de l'efficacité de notre dévouement et de notre affection.

Une compréhension accrue des mathématiques et des élèves sera une garantie de plus pour notre enseignement. A celui-ci s'ouvrira une large rubrique. Elle sera destinée, d'abord, à exposer les résultats acquis. A partir de ceux-ci des essais nouveaux pourront être tentés avec plus d'assurance et, sans doute, avec plus de succès. Ce que nous voulons c'est, à la fois, conserver notre patrimoine pédagogique et accueillir toute tentative de l'enrichir.

Nous voulons une pédagogie qui, prenant appui sur le terrain momentanément conquis, soit suffisamment compréhensive pour accueillir et intégrer l'apport de la pédagogie en formation.

Nous proposons une pédagogie ouverte.

Cette conception nous permettra de dépasser les points de vue personnels pour admettre une pluralité de tendances et nous enrichir mutuellement de leurs actions complémentaires.

Si les mathématiques peuvent être une fin en soi, pour un idéal de beauté abstraite et de formation logique, elles sont aussi servantes de toutes les sciences auxquelles elles peuvent offrir leur ossature formelle. Les applications des mathématiques feront l'objet d'une rubrique spéciale.

Pour que le souci de promouvoir l'étude et l'enseignement des mathématiques n'ait pas la fâcheuse conséquence de créer une chauvinisme de plus, nous maintiendrons dans *Contacts* les relations des mathématiques avec les autres parties de l'équipement intellectuel que sont les langues et, singulièrement, la langue maternelle.

L'histoire des mathématiques nous donnera le sens humain, parfois un peu oublié, de notre discipline.

La mathématique, langue vraiment universelle a, par sa nature, une vocation internationale ; nous ouvrirons nos colonnes à nos collègues des autres pays.

Une revue des livres et des publications apportera une documentation utile. Une autre documentation tout aussi précieuse sera fournie par la mine aux problèmes.

La liste des rubriques possibles restera ouverte à toutes les suggestions.

Notre revue se terminera par un aperçu de la vie administrative de la Société, rédigé dans les deux langues nationales. Les autres articles seront publiés dans une langue nationale choisie par l'auteur.

En tentant, à la mesure de nos moyens, d'améliorer l'enseignement des mathématiques, nous voulons les servir et servir les élèves. Mais, surtout, et c'est là notre vœu le plus cordial, nous voulons aider les professeurs sur lesquels repose en fait la valeur de l'enseignement. Les aider non seulement dans leurs connaissances de base, non seulement dans la technique de leur métier mais, plus haut, les aider confraternellement dans leur mission humaine.

L'enseignement des mathématiques comporte ses servitudes. Nous essaierons d'alléger ces servitudes et de les rendre plus efficaces car elles sont la condition de succès de chacun et le prix de l'œuvre collective.

Il faut que chaque professeur se sente participer à l'importance de celle-ci quand il corrige des fautes de signe ou trace des circonférences au tableau noir.

M. Maurice Fréchet nous écrit :

« J'ai récemment constaté que les épreuves de mathématiques proposées aux futurs chimistes et biologistes exigeaient de leur part un esprit d'invention qui peut être utile à quelques-uns, mais qui n'est pas nécessaire à la plupart. Ce qui risque d'exclure d'excellents chimistes et biologistes. »

L'opinion de ce savant ne manquera pas d'intéresser les lecteurs de la revue.

LA RÉDACTION.

ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE SUR LE PLAN DE LA SCIENCE PURE ET SUR CELUI DES APPLICATIONS

L'Analyse mathématique, le Calcul des probabilités, envahissent peu à peu, comme on sait, les différents domaines de la Science et de la Technique.

Admettant cette invasion comme bienfaisante, on s'efforce de plus en plus, dans ces divers domaines, de mettre ceux qui se préparent à y entrer au courant des théories mathématiques qui les concernent.

Le fait-on de la manière la plus efficace ? Et, sinon, peut-on l'améliorer ? Ce sont ces deux questions que nous voulons traiter ici.

Pour éclairer la situation, établissons d'abord une comparaison entre deux catégories d'étudiants.

Les étudiants en mathématiques pures doivent connaître les définitions, les théorèmes (et leurs démonstrations) d'un certain programme. Ils sont exercés à appliquer ces théorèmes. On leur demande, même, de posséder un certain don d'invention sans lequel la simple connaissance des théorèmes ne suffirait pas à résoudre les questions qu'on leur pose.

Par exemple, d'un système donné d'équations, ils sauront trouver une combinaison simple qui mène à la solution du problème posé. Ayant à étudier la convergence d'une série, ils auront l'idée de mettre chaque terme sous la forme d'une somme convenable, après quoi la solution sera évidente. Ils découvriront un cas particulier simple grâce auquel il sera facile de prouver qu'une certaine propriété n'est pas toujours satisfaite. Ils opéreront une transformation adroitement choisie du problème, qui le ramène à un cas dont la solution est connue, etc., etc. On peut donner ainsi une infinité d'exemples où c'est une initiative du chercheur qui le conduit au but, sans que cette initiative soit impliquée par les conditions du problème, ni par la connaissance des théorèmes qui s'y rattachent.

Les exigences que nous avons pour les étudiants en mathématiques pures, devons-nous les maintenir pour les praticiens ? (Nous employons exceptionnellement ce dernier mot en un sens très général pour comprendre parmi les praticiens les observateurs comme les expérimentateurs, les économistes comme les techniciens).

Que sont et même que doivent être les mathématiques pour un praticien ? Un outil, très puissant, mais un outil et non un objet de recherches. Quand un physicien utilise un courant électrique, il ne se demande pas si l'usine qui produit ce courant pourrait être perfectionnée. De même, quand il emploie une formule mathématique, si cette formule figure dans un bon recueil, il n'a pas besoin d'en connaître la démonstration ni d'en chercher les généralisations. Par contre, il aura besoin de bien connaître la signification de chaque terme et les hypothèses précises sous lesquelles la formule est exacte. Il devra aussi être exercé à la traduire en nombres.

La *plupart* des praticiens n'auront qu'à appliquer des formules toutes faites aux questions qui les intéressent. En exigeant d'eux un esprit d'invention *mathématique*, on exige une qualité qui sera inutile à la majorité d'entre eux et on risque d'en écarter des chimistes habiles, des physiciens adroits, d'excellents ingénieurs, de distingués économistes. Non seulement on risque d'en écarter, mais on en écarte sûrement qui possèdent à un haut degré le genre d'esprit d'invention nécessaire à chacun de ces différents spécialistes.

Dans les examens de mathématiques auxquels sont soumis les futurs praticiens, on ne devrait donc exiger d'eux rien de plus que la connaissance et la

compréhension des théorèmes figurant à leur programme et d'une mise en pratique correcte de ces théorèmes.

C'est dire qu'on ne devrait poser à la majorité de ces candidats aucun problème qui soit plus que l'application *stricte* et *directe* des théorèmes du programme.

Or, ce n'est pas ce qui a lieu.

Il semble que dans la pratique actuelle, les exigences — légitimes en ce qui concerne les futurs mathématiciens — que nous avons rappelées plus haut, soient trop souvent maintenues — à l'étendue du programme près — pour la catégorie, toute différente, des futurs praticiens pour laquelle ces exigences cessent d'être toutes raisonnables. Et c'est la crainte de voir perdre ainsi la contribution d'esprit d'élite, rebelles à l'abstraction mathématique, qui nous conduit à examiner ce problème et à pousser un cri d'alarme.

Ajoutons toutefois que ce qui précède ne concerne que la majorité des futurs praticiens — une très grosse majorité, il est vrai. Parmi ces futurs praticiens, il est utile, il est même indispensable qu'il y en ait quelques uns qui soient en mesure de construire des théories mathématiques des phénomènes naturels ou capables de mieux adapter à la réalité des théories existantes. Il est bon qu'à côté des mathématiciens qui s'intéressent aux applications, il y ait des praticiens qui s'intéressent aux mathématiques appliquées et qui, peut-être moins habiles mathématiciens, sauront mieux, dans une application eds mathématiques, tenir compte de la complexité des faits, mieux distinguer les causes principales des phénomènes, mieux apprécier les possibilités de vérification. Pour attirer ceux-là, on pourrait introduire dans les épreuves des examens des épreuves facultatives ou bien à option, correspondant peut-être à un programme mathématique un peu plus élevé et surtout donnant lieu à des problèmes qui ne soient plus de simples applications. On leur donnerait ainsi un supplément de points qui permettrait de compenser certaines faiblesses dans les travaux pratiques de laboratoire.

Mais, de toute façon, il faudrait, pour cette option, être assez exigeant pour ne permettre le succès qu'à une très petite fraction de ceux qui seront reçus.

Nous serions reconnaissant à nos collègues de nous faire part de leurs observations sur les idées qui viennent d'être exposées et en outre de nous faire part de leurs impressions sur l'efficacité des méthodes actuelles de sélection des futurs praticiens (au sens général adopté plus haut) et de propositions en vue de l'améliorer (Prière d'adresser 2, rue Em.-Fagnet, XIVe).

LE DOYEN FABRE MEMBRE DE L'INSTITUT

Nous sommes heureux d'apprendre à nos lecteurs et aux membres de l'Association française pour l'avancement des sciences, l'élection à l'Académie des sciences de M. le professeur René FABRE, doyen de la Faculté de pharmacie de Paris, membre de l'Académie de médecine, qui est aussi vice-président de l'A.F.A.S. pour 1955 et membre du Comité de direction de notre revue.

Nous le prions de trouver ici nos bien sincères et respectueuses félicitations.



LES LIVRES

Y. DOUCET. — Les aspects modernes de la Cryométrie. — Préface de M. E. Darmois, Mémorial des Sciences physiques, fasc. LIX, Gauthier-Villars, Paris, 1954.

François Raoult a énoncé une des lois fondamentales de la physico-chimie qui, à l'heure actuelle, apparaît comme le fondement de la théorie des solutions ; l'exposé d'ensemble sur la Cryométrie que présente si élégamment M. Doucet, et qui précise ce que renferme la loi de Raoult, ses limitations et ses possibilités, sera très apprécié par tous les physico-chimistes.

M. PARODI.

R. FABRE. — Quelques exposés d'hygiène industrielle et urbaine. — Une brochure de 36 pages, Centre de Documentation Universitaire, 5, place de la Sorbonne, Paris (5e). 150 francs.

Au cours de l'hiver dernier, la Radiodiffusion française a prié M. R. Fabre de faire une série de causeries relatives à l'hygiène et à la toxicologie industrielles, domaines qui lui sont particulièrement familiers, en raison de sa compétence. Il s'agissait de brèves mises au point se rapportant aux problèmes les plus actuels qui doivent être connus de tous. Ces causeries ayant recueilli une audience particulièrement favorable et la Direction de la Radiodiffusion française en ayant autorisé la publication, l'auteur a rassemblé en un recueil les douze conférences qu'il a prononcées. Ces pages n'ont certes pas la prétention d'épuiser un problème dont l'évolution constante suit les progrès immenses de la technique industrielle, mais elles sont susceptibles d'intéresser le lecteur encore peu familiarisé avec ces questions qui ne doivent cependant être ignorées de personne, si l'on veut assurer une protection avisée de la santé des hommes.

R. CONSTANS.

Paulette FÉVRIER. — Déterminisme et indéterminisme. — Un in-16 jésus de 250 pages, avec deux index et des figures, dans la collection : « Philosophie de la Matière », dirigée par M. Raymond Bayer Presses Universitaires, Paris, 1955. Prix : 1.000 francs.

Nous avons signalé un thème important, et très discuté : **La Physique quantique restera-t-elle indéterministe.**

Un livre de plus de 100 pages y a été consacré par MM. Louis de Broglie et J.-P. Vigier (1). L'intérêt du sujet redouble à la suite d'exposés faits à la Faculté des Sciences (8 et 11 mars 1955) par M. David Bohm. Pour les auteurs cités le retour à un point de vue causal dénouerait la crise qui, depuis 20 ans, résulte des échecs éprouvés en passant de l'échelle atomique à l'échelle nucléaire : cela, à propos des mésons, des valeurs de l'énergie propre des particules (résultats infinis), à propos enfin d'une autre carence de la théorie probabiliste, quand il s'est agi d'expliquer les créations ou annihilations de paires électron-positron.

---

(1) R.G.S., t. LX, 1953, p. 135.

En face des recherches activement poursuivies dans ce sens, pour donner par exemple aux corpuscules une structure interne, en rapprochant théorie de la relativité et théorie des quanta (recherches qui expliqueraient l'absence apparente de déterminisme à l'échelle atomique par les superpositions très complexes d'effets fort bien réglés par une causalité s'affirmant à un niveau plus profond), se maintient, sur de fortes positions, la tendance adverse.

On pourra s'en faire une juste idée dans l'ouvrage, que je tiens à signaler ici, de Mme Paulette Février, dont les cinq premiers chapitres reprennent l'exposé ayant si bien synthétisé toutes les observations du champ atomique. Les qualités de présentation en sont nettement dégagées, dans sa préface, par le regretté Edouard Le Roy. Le sixième chapitre, intitulé : **L'évolution de la question de l'indéterminisme** reprend en une quarantaine de pages les arguments probabilistes, en s'efforçant de retenir les apports mathématiques possibles de la théorie adverse. L'auteur énonce : « A toute théorie essentiellement indéterministe, on peut associer une théorie déterministe avec paramètres inaccessibles à la mesure, et réciproquement, à toute théorie déterministe contenant des paramètres inaccessibles à la mesure, on peut associer une théorie essentiellement indéterministe en éliminant les paramètres inacessibles. Les théories ainsi associées ont même contenu physique, mais la notion de système physique n'a pas la même signification dans les deux types de théories ». Ainsi, est ménagé, non sans habileté, un compromis, à la faveur d'une méthode philosophique, apparue dans une thèse en 1938, **d'arbitrage dans le formel.** Naturellement l'Algèbre est sollicitée en l'occurence, pour distinguer quant à leur structure, deux genres de théories (p. 205 à 208) :

a) déterminisme : propositions expérimentales constituant une algèbre de Boole ;

b) indéterminisme essentiel : propositions expérimentales constituant un treillis non distributif, non modulaire en général.

De toutes manières, des expériences nouvelles sont désirables ; mais les deux livres rappelés ne manqueront pas de stimuler les chercheurs.

G. BOULIGAND.

S. GLASSTONE, M. C. EDLUND. — The Elements of nuclear reactor theory (Eléments de la théorie des réacteurs nucléaires). — Un vol. 416 p., D. von Nostrand Cy. Inc., Edit., New-York, 1954. Prix : $ 4,80.

Cet ouvrage dont la rédaction a été dirigée par la Commission de l'Energie atomique des U. S. A., a pour but de présenter les bases d'un enseignement élémentaire (supposant les connaissances d'un ingénieur ou d'un licencié ès sciences) sur la théorie des réacteurs nucléaires (piles atomiques). Il rassemble dans un exposé bien ordonné, d'une part des éléments de physique nucléaire, d'autre part une étude plus approfondie des théories élémentaires des réacteurs utilisant les neutrons thermiques (les réacteurs utilisant les neutrons rapides ne sont pas envisagés « pour des raisons de sécurité »).

Les deux premiers chapitres exposent les caractères phénoménologiques fondamentaux de la structure et de la stabilité nucléaire : description des réactions nucléaires, modèles de noyaux, absorption et diffusion nucléaires Le chapitre 3 est consacré à la physique des neutrons, production, ralentissement, réactions nucléaires provoquées par les neutrons lents et rapides, sections efficaces de capture et de diffusion, détection et dénombrement des neutrons. Le chapitre 4 décrit le processus de la fission et en analyse le mécanisme selon le modèle de la goutte liquide. Le chapitre 5 étudie la diffusion des neutrons : théorie élémentaire de la diffusion et applications notion d'albedo et applications. Le chapitre 6 analyse les processus de ralen-

tissement des neutrons : diffusion, ralentissement dans un milieu non absorbant, ralentissement avec capture, Théorie du vieillissement des neutrons de Fermi. Le chapitre 7 discute la théorie du réacteur thermique homogène nu selon la théorie de Fermi : réalisation des conditions critiques selon les formes géométriques des réacteurs. Le chapitre 8 étudie le réacteur homogène avec réflecteur par la méthode de diffusion de groupe. Le chapitre 9 considère les réacteurs hétérogènes à uranium naturel : étude de la fission en chaîne dans l'uranium naturel, capture des neutrons par résonance, théorie macroscopique du réacteur à uranium naturel. Le chapitre 10 examine l'évolution au cours du temps d'un réacteur thermique nu. Le chapitre 11 étudie les procédés utilisés pour le contrôle des réacteurs : perturbations dans le régime des neutrons, tiges de contrôle, empoisonnement par les produits de fission, influence de la température sur la réactivité. Le chapitre 12 est consacré à la théorie générale des systèmes homogènes multiplicatifs et à l'étude de l'équation générale de la théorie des réacteurs. Le chapitre 13 expose l'application des méthodes du calcul des perturbations à l'étude des équations de la théorie des réacteurs. Le chapitre 14 développe la théorie de la diffusion des neutrons au moyen de l'équation générale de transfert dans les milieux absorbants ou non absorbants.

G. PETIAU.

G. GOUDET. — Les fonctions de Bessel. — Masson, éditeur, Paris, 1954.

Nombreux sont les domaines de la Physique où interviennent les fonctions de Bessel et l'on ne saurait trop louer M. Goudet d'en avoir rassemblé les propriétés essentielles dans le présent fascicule.

Comportant de nombreuses applications de la théorie des fonctions cylindriques à des problèmes variés de Physique mathématique, cet ouvrage rendra de grands services.

M. PARODI.

W. HEISENBERG. — La physique du noyau atomique. Traduction de C. Peyrou. — Préface de L. Leprince-Ringuet. Collection Sciences d'Aujourd'hui, dirigée par André George. Un vol. in-16 jésus, 224 p., 5 pl., Albin Michel Edit., Paris, 1954. **Prix : 720 francs.**

L'excellente traduction du célèbre ouvrage de W. Heisenberg : « Die Physik der Atomkerne » que nous donne le physicien Charles Peyrou présente pour le grand public cultivé une large vue d'ensemble sur les problèmes qu'étudie la physique nucléaire. On y trouve dans une exposition claire, totalement dépourvue de mathématiques, l'essentiel des résultats expérimentaux, des interprétations théoriques et des hypothèses de travail au moyen desquels nos connaissances se précisent de plus en plus.

Après un remarquable exposé sur le développement de la théorie atomique de la philosophie grecque jusqu'à la naissance de la doctrine atomique moderne à la fin du XIX[e] siècle, W. Heisenberg précise les caractères fondamentaux des représentations atomiques et moléculaires de la matière : existence des grandeurs caractéristiques de la constitution moléculaire de la matière, modèle atomique de Rutherford, dualisme des représentations corpusculaires et ondulatoire, interprétation de la classification périodique des éléments. L'étude de la radioactivité naturelle, puis des transmutations artificielles conduit à l'examen de la constitution des noyaux atomiques. Le problème de la recherche de la nature des forces agissant entre constituants du noyau est abordé à partir de l'étude des états normaux des noyaux. On précise ensuite les propriétés fondamentales des forces nucléaires : caractère de forces d'échange, propriétés de saturation, conditions de stabilité des noyaux atomiques. Les processus nucléaires fondamentaux, émissions alpha et béta, capture K, transmutations artificielles, fission sont ensuite examinés sommairement. Deux chapitres importants terminent l'ouvrage. Le premier décrit brièvement les techniques expérimentales parti-

culières de la physique nucléaire tandis que le second développe plus longuement les diverses applications pratiques de la physique nucléaire. On y trouvera notamment une brève description et une figure de l'intérieur du modèle de pile atomique construit pendant la guerre en Allemagne.

G. PETIAU.

T. KAHAN. — Physique nucléaire. — Un vol. 220 p., Collection Armand Colin, n° 290, Paris, 1954.

Ce volume, véritable précis, rassemble et condense en 220 pages l'essentiel de nos connaissances actuelles sur les phénomènes nucléaires. Bien qu'en pleine évolution la physique nucléaire est aujourd'hui une science s'appuyant sur des faits et des lois dont la connaissance peut-être considérée comme certaine. L'évolution ultérieure précisera celle-ci et sur bien des points donnera des interprétations nouvelles. Néanmoins la plus grande partie de l'acquis actuel doit demeurer. Nous ignorons encore l'origine des forces nucléaires et les formes exactes de leurs actions. Mais leur description est cependant assez complète pour que les principaux phénomènes de la physique nucléaire puissent être non seulement représentés phénoménologiquement, mais aussi déduits d'une conception générale des interactions entre particules élémentaires. Un traité de physique nucléaire peut aujourd'hui ordonner en un ensemble cohérent nos connaissances dans ce domaine. Celui que nous donne M. Kahan satisfera certainement le lecteur en lui présentant à la fois les faits et les théories sans trop de contradiction.

Après une introduction exposant les caractères fondamentaux des noyaux atomiques et une brève description de l'appareillage permettant la détection des particules chargées et des photons, M. Kahan étudie successivement les phénomènes de radioactivité naturelle, les rayons alpha, béta et gamma, les phénomènes d'interactions entre particules chargées et champ électromagnétique, la physique du neutron. L'examen de la structure des noyaux conduit à l'introduction des forces nucléaires et après une description des principaux types d'accélérateurs de particules, à l'étude des réactions nucléaires et notamment au phénomène de fission et à ses applications. Un chapitre particulièrement intéressant décrit les phénomènes associés aux moments électromagnétiques et aux spins nucléaires. Un chapitre de compléments et une bibliographie sommaire complètent cet ouvrage qui sera lu avec intérêt non seulement par les étudiants en physique mais aussi par tous ceux qui s'intéressent au développement de la science moderne.

G. PETIAU.

Giusepp LEVI. — Trattato di Istologia. — 2 Vol. in-8° formant 1171 p., 839 fig. en noir et en couleurs. Unione tipografico editrice torinise, Turin.

Parmi les traités d'histologie modernes, celui de l'éminent savant italien G. Lévi avait, dès sa première édition en 1927, occupé une place de premier plan. Ce succès était dû à ce que son auteur, bien que morphologiste convaincu, avait su marquer la place de l'histologie dans la biologie générale. La nouvelle édition qui nous est présentée conserve toutes les qualités de la première en les développant. Elle montre combien la conception de Lévi était juste puisque l'exposé des travaux des histologistes modernes l'a obligé à augmenter sensiblement le nombre des pages du traité. En particulier, l'analyse de la structure submicroscopique de la substance organisée, par l'emploi notamment du microscope électronique, a fait l'objet d'importants et intéressants développements. Rappelons que c'est essentiellement un traité d'histologie, au sens étymologique du mot, c'est-à-dire une étude des tissus précédée d'une étude de la cellule. La structure microscopique des différents organes n'y est pas envisagée mais les tissus qui

constituent ces organes sont pris à titre d'exemples dans les chapitres correspondants à chacun de ces tissus, ce qui permet des rapprochements féconds et d'heureuses synthèses.

Il faut souhaiter à cet ouvrage le grand succès qu'il mérite auprès de tous ceux qui s'intéressent aux problèmes de la biologie des tissus.

J. VERNE.

N. F. RAMSAY. — Nuclear Moments (Moments électromagnétiques nucléaires). — Un vol. 170 p., John Wiley et Sons Inc., New-York, Chapman et Hall lim., London Edit., 1953. Prix : $ 5.

Les moments magnétiques dipolaires et quadrupolaires électriques constituent des caractères fondamentaux des noyaux atomiques. Leur mesure forme actuellement une branche importante de la physique nucléaire expérimentale et permet d'interpréter de nombreuses propriétés des noyaux, des atomes et des molécules.

Dans son ouvrage M. Ramsay expose en cinq chapitres les aspects théoriques et expérimentaux des principales techniques de la mesure de ces moments et discute les résultats obtenus. Après avoir défini brièvement dans la première partie les grandeurs intervenant dans la mesure des moments nucléaires, la seconde partie analyse les caractères de l'interaction entre moments nucléaires et champs atomiques et moléculaires : interaction électrostatique, interaction magnétique, interaction quadrupolaire électrique, restrictions théoriques aux ordres des multipôles électriques, constantes de structure hyperfine magnétique. La troisième partie décrit les principales méthodes expérimentales utilisées pour la mesure des moments nucléaires et des propriétés moléculaires à partir desquelles ils sont déduits : structure hyperfine des spectres optiques atomiques, étude des spectres de bandes, méthode utilisant la déviation de faisceaux atomiques et moléculaires, méthodes utilisant la résonance des faisceaux moléculaires, mesures du moment magnétique du neutron, méthode de résonance d'absorption et d'induction nucléaire (Bloch, Purcell), méthodes spectroscopiques en ondes ultracourtes. La quatrième partie examine les résultats obtenus et discute leur signification pour la classification nucléaire. La cinquième partie donne une vue d'ensemble sur les informations que la mesure des moments nucléaires permet d'obtenir sur les liaisons chimiques et les interactions molécules-noyaux atomiques, notamment dans l'état solide. En appendice, M. Ramsay montre brièvement l'interprétation des moments nucléaires dans le modèle de structure en couche des noyaux atomiques. Une table des moments nucléaires mesurés jusqu'ici et une très importante bibliographie complètent l'ouvrage.

G. PETIAU.

ROTH (L. M.) et WILLIS (E. R.). — The reproduction of Cockroaches. (La reproduction des Blattes). — **Smithsonian miscellaneous collections.** Vol. 122, n° 12. Washington, 9 juin 1954. 49 p., 12 pl.

Sur plus de 3.500 espèces de Blattes existant dans le monde, il y en a seulement quelques-unes (les 4 ou 5 espèces de Blattes « domestiques »), dont la biologie soit actuellement connue. Aussi les auteurs du présent travail se sont-ils efforcés de recueillir des observations non seulement sur les Blattes domestiques, mais encore sur le plus grand nombre possible d'autres espèces et d'autres genres. Ceci, afin de pouvoir dresser un tableau d'ensemble de la reproduction des Blattides ayant une certaine valeur générale.

La première partie de l'ouvrage retrace les préliminaires variés de l'accouplement : attraction des mâles par les femelles, comportements particuliers, en présence de celles-ci, des mâles, qui dressent leurs ailes ou sont animés de mouvements caractéristiques, léchage par les femelles d'une sécrétion couvrant le dos de l'abdomen des mâles, etc...

Au cours de l'accouplement, dont les modalités sont décrites chez plusieurs espèces, le mâle fabrique un spermatophore, de formes et dimensions très variables, qui est introduit dans les voies génitales femelles. Là, les spermatozoïdes émigrent hors du spermatophore, et se rassemblent dans la spermathèque, qu'ils quittent seulement au moment de la ponte pour féconder les œufs passant dans la chambre génitale.

La parthénogénèse s'observe chez un certain nombre d'espèces, soit régulièrement (**Pycnoscelus surinamensis**), soit de temps à autre (**Blatta orientalis, Periplaneta americana**).

Les œufs de toutes les espèces de Blattes sont enveloppés par groupes dans une oothèque, dont la structure très variable suivant l'espèce considérée est décrite en détails.

L'enveloppe de l'oothèque, relativement épaisse et coriace chez les Blattes ovipares, est au contraire mince et membraneuse chez les formes vivipares, qui incubent leurs œufs dans une poche particulière.

L'étude comparative des modalités de l'oviposition chez les Blattes, montre une tendance à la rétention de plus en plus prolongée de l'oothèque et de son contenu dans le corps de la mère.

Un chapitre sur les parasites des œufs termine cet ouvrage, qui possède de nombreuses et fort belles planches de photographies, constituant sur le sujet une documentation iconographique de premier ordre.

J. CARAYON.

SNODGRASS (R. E.). — **The Dragonfly larva.** (La larve de libellule). — **Smithsonian miscellaneous collections.** Vol. 123, n° 2, Washington, 21 septembre 1954. 38 p.

Dans cette étude monographique portant sur l'espèce américaine **Anax junius**, l'auteur insiste principalement sur différentes formations propres à la larve des libellules, et plus ou moins directement en relation avec sa vie exclusivement aquatique. Ces adaptations larvaires, qui disparaissent complètement chez l'imago à vie aérienne, affectent la tête et le labium, le tube digestif, les systèmes trachéens et musculaires, ainsi qu'une partie de l'abdomen.

La plus remarquable de ces adaptations réside dans la conformation du labium, extraordinairement transformé en une pince multi-articulée servant à la capture des proies. La protraction brusque de cette pince est due à une soudaine augmentation de la pression sanguine dans le thorax et la région antérieure de l'abdomen. Un diaphragme situé entre le quatrième et le cinquième segment abdominal joue le rôle le plus important dans ce mécanisme, en provoquant probablement la surpression sanguine, et surtout en la limitant à la partie antérieure du corps.

La respiration par contre ne doit rien à l'action de ce diaphragme. Ce sont des muscles abdominaux latéraux et l'élasticité des plaques incurvées du tégument dorsal, qui provoquent l'expansion et la contraction de l'abdomen.

Parmi les autres formations particulières à la larve de libellule, et décrites dans ce mémoire, citons encore la chambre intestinale servant à la fois à la respiration et à la propulsion par réaction. Snodgrass lui consacre une étude détaillée, et passe en revue à cette occasion les différents types de dispositifs branchiaux existant chez les larves de divers Odonates.

Les modifications subies par les larves d'Aeschnes au moment de la métamorphose sont presque aussi importantes que celles de bien des insectes holométaboles. La tête, le labium et l'abdomen sont entièrement réformés, le tube digestif et le système trachéen sont simplifiés, la plupart des muscles abdominaux larvaires sont détruits et non reconstitués chez l'imago, etc. Le dernier stade larvaire, sous la cuticule duquel s'accomplissent ces transformations, est donc presque l'équivalent de la pupe des insectes holométaboles.

En terminant, l'auteur souligne l'intérêt que présente la larve de libellule comme matériel d'études expérimentales sur le rôle des hormones dans la métamorphose.

J. CARAYON.

LES LIVRES REÇUS

BOULIGAND (G.). — Initiation à l'Analyse mathématique, 3e éd. (Vuibert, Paris).

CAHEN (Gilbert). — Eléments de Calcul matriciel (Dunod, Paris).

CARPENTIER (H.). — Lignes électriques T.H.T. Etude mécanique et construction des lignes (Eyrolles, Paris) 4.800 fr.

DAYRE et **CASSAN.** — Guide graphique pour la conversion des unités (Eyrolles, Paris).

DUBOS (René). — Louis Pasteur, franc-tireur de la Science (Presses Universitaires, Paris), 1.000 fr.

FAURE-FREMIET (E.), MONTALENTI (G.) et **VANDEL (A.).** — Problèmes d'évolution (Hermann et Cie), 12 DM.

FREIHERR von EICKSTEDT (Egon). — Atom und Psyche (Ferdinand enke Verlag, Stuttgart), 12 DM.

GAERTNER (V.). — Electrochimie pratique. Principes et technologie (Eyrolles et Gauthier-Villars, Paris), 2.700 fr.

GRASSE (P.-P.). — Traité de Zoologie, tome XII : vertébrés (généralités, embryologie topographique, anatomie comparée, caractéristiques biochimiques), Masson et Cie, Paris. Broché : 9.800 fr. ; cartonné : 10.550 fr.

HEIM (Roger). — Un Naturaliste autour du Monde (Coll. « Les Savants et le Monde », Albin Michel, Paris), 690 fr.

JULIA (Gaston). — Cours de Géométrie infinitésimale, 3e fasc. (Gauthier-Villars, Paris), 3.500 fr.

KOHN-ABREST (E.). — Traité de Toxicologie (Doin et Cie, Paris), 3.500 fr.

LEGENDRE (Adrien Marie). — Théorie des Nombres (Blanchard, Paris), 6.500 fr. les deux volumes.

LICHNEROWICZ (A.). — Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme (Masson et Cie, Paries). Broché : 2.200 fr. ; cartonné : 2.800 fr.

MORAND (P.). — Aux confins de la Vie. Perspectives sur la Biologie des Virus (Coll. « Evolution de la Science », Masson et Cie, Paris), 850 fr.

MENARD. — Tuyères supersoniques à cols réglables (Publ. Scient. et Tech. du Minist. de l'Air, Paris).

NEWTON (Isaac). — Traité d'Optique (fac-simile de l'éd. de 1722) (Gauthier-Villars, Paris), 2.000 fr.

OCAGNE (Maurice d'). — Histoire abrégée des Sciences mathématiques (Vuibert, Paris), 1.350 fr.

POINCARE (H.). — Electricité et Optique. La lumière et les théories électrodynamiques (Gauthier-Villars, Paris), 2.000 francs.

REINER (M.) — Rhéologie théorique (Dunod, Paris), 1.960 francs.

RIESZ (Frederic) et **SZNAY (Bela).** — Leçons d'Analyse fonctionnelle (Gauthier-Villars, Paris, et Akademiai Kiado, Budapest).

ROBINSON (Abraham). — Théorie métamathématique des Idéaux (Gauthier-Villars, Paris, et Nauwelaerts, Louvain).

SCHWARTZ (A.-M.) et **PERRY (J.-W.)** — Chimie et Technologie des agents tensio-actifs (Dunod, Paris).

THEBAULT (Victor). — Parmi, les belles figures de la Géométrie dans l'Espace (Géométrie du Tétraèdre) (Vuibert, Paris), 2.000 francs.

VELLUZ (Léon). — Substances naturelles de synthèse, vol. X (Masson et Cie, Paris). Broché : 2.200 francs ; relié : 2.800 francs.

ZILLER (A.). — Méthodes de Différentiation et d'intégration numérique (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air), 1.500 fr.

Annuaire Hydrologique de la France, année 1953 (Société hydrotechnique de France, Paris), 2.000 francs.

Journées de Mécanique des Fluides, Marseille 1952 (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air), 3.000 francs.

Dictionnaire de la Télévision, Radar et Antennes en six langues (Dunod, Paris), 5.800 francs.

L'Exploitation des données empiriques, Colloque de Luxembourg 1953 (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air), 850 francs.

Mécanique ondulatoire et Cinétique chimique (Réunions d'études sous la présidence de M. Louis de Broglie) (Ed. de la Revue d'Optique, Paris), 1.500 francs.

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 5486 - 6-55.